Stratigraphische Untersuchungen in der subalpinen Molasse der Nordost-Schweiz, zwischen Wägitaler Aa und Urnäsch

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG
DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

vorgelegt der
PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT II
der Universität Zürich

von
HANS-PETER FREI
von Ebnat-Kappel / SG

Begutachtet von
Prof. Dr. R. Hantke
Prof. Dr. R. Trümpy

1981

ok Gotthard Zürich
1979

Stratigraphische Untersuchungen in der subalpinen Molasse der Nordost-Schweiz, zwischen Wägitaler Aa und Urnäsch

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG
DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

vorgelegt der
PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT II
der Universität Zürich

von
HANS-PETER FREI
von Ebnat-Kappel / SG

Begutachtet von
Prof. Dr. R. Hantke
Prof. Dr. R. Trümpy

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

KURZFASSUNG

Die Untersuchungen erstrecken sich über einen Abschnitt der Subalpinen Molasse zwischen Wägitaler Aa und Urnäsch (Kte. Schwyz, St. Gallen, Appenzell; Schweiz). Die detritischen Serien gehören der Unteren Meeresmolasse (UMM) und der Unteren Süsswassermolasse (USM) an. Sie reichen vom Mitteloligozän bis ins Untermiozän.

Schwermineral- und Karbonat-Analysen liefern Kriterien zur Unterscheidung und Gliederung verschiedener Molasse-Schüttungen: Speer-Schüttung s.str., Stockberg-Schüttung,Kronberg-Schüttung. Ferner wird versucht, eine lithostratigraphische Korrelation mit dem benachbarten, westlichen Molassegebiet, vorab der Rigi-Schüttung s.str., zu geben.

Die altersmässige Einstufung der Unteren Meeresmolasse basiert auf Nannofossilien und Ostrakoden, jene der Unteren Süsswassermolasse vorwiegend auf Kleinsäugerzähnen und palynologischen Untersuchungen. Eine Korrelation der Florenzonen der westlichen Paratethys (Paläogen-Zone 20b, Neogen-Zone I,II) mit Säugetierzonen (Cournon, Coderet; Neogene Mammal Units 1 - 3) wird versucht.

Sedimentologische Untersuchungen liefern die Grundlage für eine lithofazielle Unterteilung der Unteren Meeresmolasse der Nordost-Schweiz in drei bzw. vier Serien, zugleich wird ein Faziesmodell entwickelt.

ABSTRACT

The Subalpine Molasse has been investigated between Wägitaler Aa und Urnäsch(eastern Switzerland). It consists of detrital sediments belonging to the lower Marine Molasse (UMM) and the lower Freshwater Molasse (USM), of mid-Oligocene to lower Miocene age.

On the basis of heavy mineral and carbonate analysis, a number of detrital fans with different source areas could be recognized (the Speer, Stockberg and Kronberg delta complexes). An attempt is made to correlate these rocks with the deposits in the neighbouring, western area of the Rigi delta complex.

The age classification of the lower Marine Molasse is based on nannofossils and ostracodes, that of lower Freshwater Molasse mainly on small mammalian teeth, as well as on palynological investigations. A possible correlation of the floral zones of the western Paratethys (PGZ 20b, NGZ I,II) with mammal units (Cournon, Coderet, NM 1 - 3) is put forward.

Sedimentological investigations furnish the basis to characterisize 3 or 4 lithofacies types in the lower Marine Molasse, whereby a wave and storm dominated facies model is postulated for this particular area.

RÉSUMÉ

Les recherches effectuées s'étendent sur un secteur de molasse subalpine situé entre les rivières Wägitaler Aa et Urnäsch (Suisse, cantons de Schwyz, Saint-Gall et Appenzell). Les séries détritiques appartiennent à la molasse marine inférieure (UMM) et à la molasse d'eau douce inférieure (USM) qui vont de l'âge oligocène moyen à l'âge miocène inférieur.

A l'aide d'analyses de minéraux lourds et de carbonates, l'auteur présente des critères servant à distinguer et à classer les différentes formations deltaïques de la molasse (formations deltaïques dites Speer -au sens strict,- Stockberg, Kronberg). De plus, il tente d'établir une corrélation litnostratigraphique avec le secteur de molasse voisin, situé à l'Ouest(formation deltaïque Rigi).

Le classement chronologique de la UMM est basé sur la présence de nannofossiles et d'ostracodes, le classement de la USM avant tout sur celle de dents de petits mammifères ainsi que sur des recherches palynologiques.Un essai de corrélation entre les zones florales de la Paratéthys occidentale (PGZ 20b, NGZ I et II) et les zones de mammifères (Cournon, Coderet, NM 1 - 3) a été tenté.

Des recherches d'ordre sédimentologique fournissent la base d'une triple,respectivement quadruple division lithofaciale de la molasse marine inférieure dans la partie nord-est de la Suisse. Les recherches comprennent également le développement d'un modèle de faciès de la UMM.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507218_0068

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 9
Begriffe, Symbole und Abkürzungen 12

1. EINLEITUNG 14
1.1. Stratigraphische Uebersicht 15
1.2. Geologisch-tektonische Uebersicht 19
1.2.1. Das Gebiet westlich der Linthebene 22
1.2.2. Das Gebeit östlich der Linthebene 25

2. SEDIMENTPETROGRAPHIE 29
2.1. Schwermineral-Analysen 29
2.1.1. Allgemeines 29
2.1.2. Bisherige Untersuchungen im Arbeitsgebiet 29
2.1.3. Beschreibung und Herkunft der Schwermineralien 30
2.1.4. Methodik: Aufarbeitung der Schwermineralien 31
2.1.5. Auszählen der Schwermineralien 31
2.1.6. Sedimentpetrographische Formel 32
2.2. Karbonat-Analyse 32
2.3. Resultate 33
2.3.1. Das Speer-Profil 33
2.3.2. Das Schänerberg-Profil 49
2.3.3. Das Hirzli-Profil 53
2.3.4. Das Austock-Profil 56
2.3.5. Das Stockberg-Siebnen-Profil 62
2.3.6. Das Thur-Profil 64
2.3.7. Das Stockneregg-Profil 67
2.3.8. Das Rietbad-Profil 70
2.3.9. Das Urnäsch-Profil 72
2.3.10. Das Schmidberg-Kappel-Profil 75
2.4. Zusammenfassung der sedimentpetrographischen Ergebnisse 79
2.4.1. Sedimentpetrographische Charakterisierung der beteiligten Schüttungen der Unteren Süsswassermolasse 79
2.4.1.1. Die Speer-Schüttung s.l. 79
2.4.1.2. Die Speer-Schüttung s.str. 79
2.4.1.3. Sedimentpetrographischer Vergleich der Speer-Schüttung s.str. mit benachbarten Rigi-Schüttung im Westen 89
2.4.1.4. Die Stockberg-Schüttung 94
2.4.1.5. Die Kronberg-Schüttung 96
2.4.2. Sedimentpetrographische Charakterisierung der Sand-Schüttungen in der Unteren Meeresmolasse 99
2.4.2.1. Die Rietbad-Schichten 100
2.4.2.2. Vergleich mit den Deutenhausener Schichten 101

2.4.2.3. Die heterolithische Fazies der Grisiger Mergel 103
2.4.2.4. Die Horwer Sandsteine 105
2.4.3. Die distributive Provinz der UMM-Ablagerungen 108
2.5. Diskussion einzelner Probleme 109
2.5.1. Sedimentpetrographische Kriterien als Indiz für die Heterochronität der Horwer Sandsteine 109
2.5.2. Die Stellung der Spitzberg-Schuppe 114
2.6. Zusammenstellung der sedimentpetrographischen Ergebnisse 115
2.7. Bemerkungen zur Sedimentpetrographie 118

3. BIOSTRATIGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN 120
3.1. Allgemeines 120
3.2. Fundpunkte 121
3.3. Präparations-Methoden 122
3.3.1. Schlämm-Proben 122
3.3.2. Mikrofloren-Präparation 123
3.4. Die Fossilführung der Unteren Meeresmolasse 124
3.4.1. Die Rietbad-Schichten 124
3.4.1.1. Mikrofossilien 124
3.4.1.2. Makrofossilien 126
3.4.2. Die Grisiger Mergel 128
3.4.3. Die Horwer Sandsteine 129
3.5. Die Fossilführung in den fluvioterrestrischen Ablagerungen des Speer-Schuttfächers 131
3.5.1. Die Speer-Schichten 131
3.5.1.1. Unterste Speer-Schichten 131
3.5.1.2. Mittlere Speer-Schichten 132
3.5.1.3. Obere Speer-Schichten 133
3.5.2. Die Ebnater Schichten 134
3.5.2.1. Flora 135
3.5.2.2. Fauna 138
3.5.3. Die Wintersberg-Schichten 147
3.5.3.1. Flora 147
3.5.3.2. Fauna 147
3.6. Die Fossilführung in den fluvioterrestrischen Ablagerungen des Kronberg-Schuttfächers 150
3.6.1. Krummenauer Schichten 150
3.6.1.1. Flora 151
3.6.1.2. Fauna 152
3.6.1.3. Alter der Säuger-Fundstelle 154
3.6.1.4. Vergleich mit der Säuger-Fundstelle Hoehronen 154
3.6.2. Die Hochalp-Schichten 155
3.7. Die Fossilführung und Alter des Granitischen Sandsteins im aufgerichteten Südschenkel der Mittelländischen Molasse 156

3.8. Zusammenfassung der biostratigraphischen Daten und der Versuch einer chronostratigraphischen Einstufung....158

3.9. Korrelationsversuch zwischen den Floren-Zonen der westlichen Paratethys und den Säuger-Zonen....160

4. SEDIMENTOLOGIE (FACIES + DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS)....162

4.1. Einleitung....162

4.2. Beschreibung und Interpretation der lithofaziell gegliederten Unteren Meeresmolasse....163

4.2.1. Die Rietbad-Schichten....163

4.2.1.1. Die Rietbad-Mergel....165

4.2.1.2. Die Rietbad-Sandsteine....166

4.2.2. Die Grisiger Mergel....168

4.2.2.1. Die Unteren Grisiger Mergel....168

4.2.2.2. Die Oberen Grisiger Mergel....169

4.2.3. Die Horwer Sandsteine....172

4.3. Beschreibung und Interpretation der Profile....176

4.4. Fazies-Modell....184

5. ZUSAMMENFASSUNG....187

ANHANG

Zusammenstellung der sedimentpetrographischen Daten....190

Literaturverzeichnis....196

Verzeichnis der Geologischen Karten....207

Tafeln I - V , Erläuterungen zu den Tafeln....208

Curriculum vitae....219

VORWORT

Ausgehend von den positiven Ergebnissen sedimentpetrographischer Untersuchungen im Stockberg-Gebiet/Obertoggenburg im Rahmen meiner Diplomarbeit, wurde die vorliegende Dissertation auf Anregung und mit Unterstützung von Herrn Prof. Dr. R.Hantke und Herrn Prof. Dr. R.Trümpy ausgeführt. Sie ist das Resultat stratigraphischer Untersuchungen, die in den Jahren 1976 - 1979 im zentralen Bereich des Speer-Schuttfächers durchgeführt wurden.

Die Auswertung des Materials erfolgte am Geologischen Institut der ETH und der Universität Zürich, wo auch die Beleg-Sammlung deponiert ist.

Zum Abschluss meines Geologie-Studiums möchte ich all jenen herzlich danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:
Vorab Herrn Prof. Dr. R. Hantke für seine vielen wertvollen Anregungen, Feldbesuche und Diskussionen, sowie für das rege Interesse, das er meinen Studien entgegenbrachte,
Herrn Prof. Dr. R. Trümpy für gemeinsame Terrainbegehungen und zahlreiche Hinweise in Bezug auf paläogeographische Verhältnisse und stratigraphische Probleme,
Herrn Prof. Dr. K. Hsü für seine zahlreichen Literaturhinweise und anregenden Diskussionen über sedimentologische Interpretationen und Faziesmodelle,
Herrn Dr. S. Schlanke für die Einführung in die Sedimentpetrographie und seine kritische Würdigung meiner lithostratigraphischen Befunde, sowie für seine stete Diskussionsbereitschaft,
Herrn Dr. K. A. Hünermann und Mme M. Hugueney (Lyon) für die Bestimmung der Kleinsäuger-Fauna und deren Vergleich

mit Referenz-Lokalitäten. Mme Hugueney sei herzlich gedankt für die freundliche Aufnahme in Lyon (F) und ihr Interesse für die Klärung der biostratigraphischen Probleme in der Ostschweiz. Dank ihrer grossen Kenntnisse war es möglich, die vorgeschlagene biostratigraphische Untersuchung vorzunehmen.
Dem früheren Bearbeiter der Subalpinen Molasse der Ostschweiz, Herrn Dr. J.K.A. Habicht, danke ich für seine zahlreichen, nützlichen Hinweise, die wertvollen Diskussionen, sowie für die kritische Durchsicht meines Manuskriptes,
Herrn Dr. P. Hochuli für die Begutachtung meiner Pollen-Präparate, Frau Dr. K. Perch-Nielsen für die Einführung in die Bestimmung von Nannofossilien und die Durchsicht meiner Präparate,
Herrn Dr. H.J. Oertli (Pau) für die Bestimmung der Ostrakoden, Mme M. Feist (Montpellier) für die Bestimmung der Charophyten und Herrn Prof. Dr. E. Rutte (Würzburg) für die Begutachtung der Schlundzähne von Süsswasserfischen.

Herrn F.C. Stinton (Bournemouth, G.B.) untersuchte die gefundenen Otolithen, unter denen 2 neue Arten zu finden waren. Die Beschreibung der Holotypen ist bereits publiziert.
Herrn Doz. Dr. W. Resch (Innsbruck) danke ich für die gemeinsame Begehung von Vergleichsprofilen in der Unteren Meeresmolasse des Voralberg.

Auch den Teilnehmern des IGCB-Projektes No. 73/I/25, vorab den Herren D. Rigassi, P. Homewood und M. Weidmann, danke ich für die interessanten Diskussionen und Hinweise bei der Begehung von Molasse-Profilen in der West-Schweiz und Hoch-Savoyens, sowie im Untersuchungsgebiet.

Für mannigfache, wohlwollende Hilfe bin ich Frl. F. Deubelbeiss bei der Präparation der Pollen, Herrn H. Franz für die EM-

Aufnahmen, Herrn T. Willi für die Dünnschliff-Herstellung und R. Kindlimann sowie B. Iseli für die Mithilfe beim Zeichnen der Figuren zu Dank verpflichtet.

Herr O. Garraux (Basel) zeichnete die paläontologischen Objekte,
Frau E. Schlitter und Mw. B. Boot besorgten die Reinschrift dieser Arbeit.

Herr U. Oberli unterstützte mich bei der Suche und Präparation von Kleinsäuger-Zähnen und Pflanzenresten. Er stellte mir grosszügigerweise Teile seiner einzigartigen Wirbeltier-Sammlung aus dem Steinbruch Schmitt/Ebnat-Kappel für stratigraphische Zwecke zur Verfügung. Ihm sei recht herzlich gedankt.

Mein grösster Dank gilt jedoch meiner Frau Gerda, die durch ihre berufliche Tätigkeit, ihr geduldiges Ausharren und ihr oftmaliges Verzichten meine Arbeit unterstützte und ermöglichte.

Meinen Eltern sowie meinem Grossvater D. Gantenbein danke ich für die grosszügigen Druckkostenbeiträge.

BEGRIFFE, SYMBOLE UND ABKÜRZUNGEN

BEGRIFFE :

Geomorphologie der Sandküste (Beach)

SYMBOLE :

- Kalk-Nagelfluh
- Kristallinführende Nagelfluh
- Sandstein, Kalksandstein
- Wechsellagerung Sandstein/Mergel
- Mergel
- Ton-Gallen, Mudpebbles
- 20 Gerölle, Ø in Millimeter
- Stromrinne
- Kalk-Konkretionen
- Wechsellagerung
- Wavy bedding
- Lentikular bedding
- Kreuzschichtung
- subhorizontale Lamination
- parallele Lamination
- climbing ripple lamination
- Wellen-Rippeln (wave ripples)
- m massig
- grad gradiert
- Scour Marks, Tool Marks
- Ostrakoden
- Characeen
- Vertebraten (Knochenreste, Zähne)
- Speer-Schüttung s.str.
- Stockberg-Schüttung
- Kronberg-Schüttung
- Untere Meeresmolasse
- scharfer Kontakt
- fliessender Uebergang
- X tektonischer Kontakt
- erosiver Kontakt
- gebankt im dm-Bereich
- 100-500 gebankt , Bankdicke in Millimeter
- plattig, laminiert im mm - cm-Bereich
- K Kohle (Horizont, Linse)
- C Organisches Material, Pflanzenreste
- Holzreste, Ast-Stücke
- 5 Häcksel-Lage, Dicke in Millimeter
- horizontale Wurmgänge (Trace fossils)
- vertikale Wurmgänge, Bioturbation
- Bioturbation
- Fischschuppen
- Fischzähnchen
- Haifisch-Zähne
- Otolithen
- Lamellibranchiaten (Muscheln)
- Gastropoden

ABKÜRZUNGEN :

Mineralien

A	Apatit
E	Epidot
G	Granat
R	Rutil-Gruppe
S	Staurolith
S'	Spinell
T	Turmalin
Z	Zirkon
Cc	Kalzit
Do	Dolomit
B	Baryt
Bi	Biotit
C	Chlorit
Di	Disthen
Ez	Erz
G'	Glaukonit
Gn	Glaukophan
Hble	Hornblende
M	Monazit
T'	Titanit
Z'	Zoisit
K	Knochen-Reste (Hydroxyl-Apatit)
Qz	Quarz

im Text und in den Profilen

A_2	Hauptaufschiebung der Subalpinen 'Molasse-Decken'
Bi	Biltener Aufschiebung
Br	Breitenau-Antiform
Ch	Chäseren-Aufschiebung
C/D	Kalzit/Dolomit-Verhältnis
Gt	Giegentobel-Aufschiebung
G	Gäbriszone s.l.
GS	Granitischer Sandstein
Hw Sst	Horwer Sandstein
KZ	Kronbergzone s.str.
KZ-S	Zone Kronberg-Süd
M	Melchterli-Aufschiebung
NGZ	Neogen-Zone
NM	Neogene Mammal Units
PGZ	Paläogen-Zone
Q	Quetschzone
Rb	Rueberggschwänd-Synklinale
R	Rempen-Aufschiebung
RS'	Rietbad-Schichten
RU	Rand-Unterschiebung (Alpenrand)
S	Speer-Aufschiebung
Sch	Schorhüttenberg-Aufschiebung
SM	Schwermineral / -ien
T	Tanzboden-Aufschiebung
UMM	Untere Meeresmolasse
USM	Untere Süsswassermolasse
UBM	Untere Bunte Molasse
Wi S	Wintersberg-Schichten
Wei	Weissbach-Aufschiebung

Paläontologische Objekte

P^4	vierter Prämolar - Oberkiefer
M_1	erster Molar - Unterkiefer
SIN.	links
DEXT.	rechts

1. EINLEITUNG

In der älteren Molasse-Literatur wurden häufig chronostratigraphische Begriffe lithostratigraphischen Einheiten gleichgesetzt. So spricht noch HABICHT (1945) von einer kalkreichen, chattischen Nagelfluh und von einer kristallinreichen Nagelfluh aquitanen Alters, wobei nach damaligem Usus beide dem Oligozän zugeordnet wurden.

In neuerer Zeit verzichteten jedoch die meisten Bearbeiter subalpiner Molasseablagerungen auf chronostratigraphische Unterteilungen zu Korrelationszwecken mangels zuverlässiger biostratigraphischer Daten. Nachdem HABICHT (1945a) die lithofaziell definierten Schichten im distalen Teil der Speer-Schüttung aufgrund von Mächtigkeitsvergleichen mit den proximal gelegenen Nagelfluhkomplexen korrelierte hatte, galt es

- anhand der vertikalen und horizontalen Entwicklung des Schwermineral-Spektrums und des Karbonatgehaltes eine Grundlage für die lithostratigraphische Gliederung im zentralen Speer-Schuttfächer zu schaffen,
- die lithofaziell definierten Schichten mittels Säuger- und Pollen-Assoziationen altersmässig einzustufen und damit die Korrelation der lithostratigraphischen Daten zwischen proximalen und distalen Schuttfächerteilen zu bestätigen,
- sowie die tektonischen Einheiten sedimentpetrographisch zu charakterisieren und gegen einander abzugrenzen.

Daneben war das bisherige Bild der Sedimentationsentwicklung in der Unteren Meeresmolasse bis zum Beginn der Speer-Schüttung weiter zu differenzieren und ein Sedimentationsmodell zu entwerfen.

Die Grundlage der sedimentpetrographischen Untersuchungen bildeten die geologischen Kartierungen 1:25 000 von A. OCHSNER (1969) und 1:50 000 von K. A. HABICHT (1945a).

Orts- und Flurnamen sowie Koordinatenwerte beziehen sich auf die Landeskarte der Schweiz 1: 25 000, Blätter: 1133 Linthebene, 1134 Walensee, 1113 Ricken, 1114 Nesslau.

1.1. STRATIGRAPHISCHE UEBERSICHT

Die Untere Meeresmolasse (UMM) ist charakterisiert als fossilführende, marin-brackische Ablagerung. Diese weist einerseits noch zahlreiche Anklänge an die Flyschfazies, andererseits bereits starke limnisch-fluvioterrestrische Einflüsse auf. Sie erreicht in der Speerschuppe s. str. an der Basis der STOCKBERG-Nordwand (LUTERENTAL) eine Mächtigkeit von über 500m.

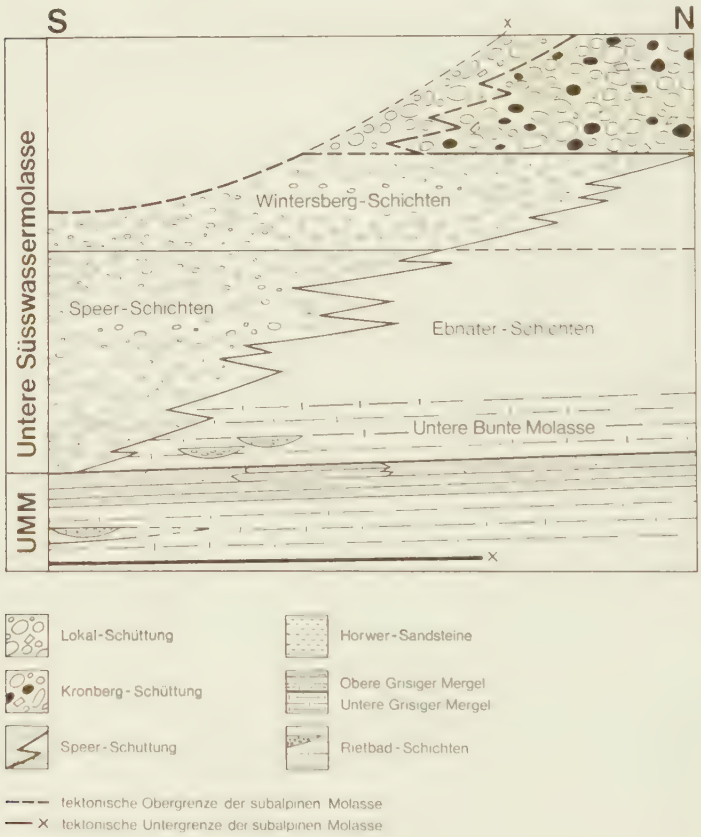
Während im allgemeinen die UMM eine Zwei-Teilung erfährt, nämlich in Grisiger Mergel unten und Horwer Platten oben, fand HABICHT (1937: 283) bei STRICK/NESSLAU einen sandsteinreichen, mit Muscheln gespickten Horizont unter rund 500m mächtigen Grisiger Mergeln. Dies bestätigte die Drei-Teilung der UMM auch in der Ost-Schweiz, wie sie von mehreren Autoren in der Schweiz und in Vorarlberg beschrieben worden ist (FROEHLICHER, MOLLET, MUHEIM, RICHTER).

Sedimentologische Untersuchungen zeigen, dass die Untere Meeresmolasse lithofaziell in vier Teile gegliedert werden kann: (vgl. Fig.1)

Horwer Sandsteine	↔	Sandstein-Fazies ("Beach")
Obere Grisiger Mergel	↔	Heterolithische Fazies
Untere Grisiger Mergel	↔	Mergel-Fazies
Rietbad-Schichten	↔	Sandstein/(Mergel)-Fazies

Die Untere Süsswassermolasse (USM) wird vorwiegend durch zwei Schüttungssysteme geprägt: die Speer-Schüttung s.l. und die Kronberg-Schüttung.

Fig. 1 : Horizontales und vertikales, stratigraphisches Uebersichtsprofil



Die von HABICHT (1945a) lithofaziell definierten Schichten im distalen Bereich der Speer-Schüttung

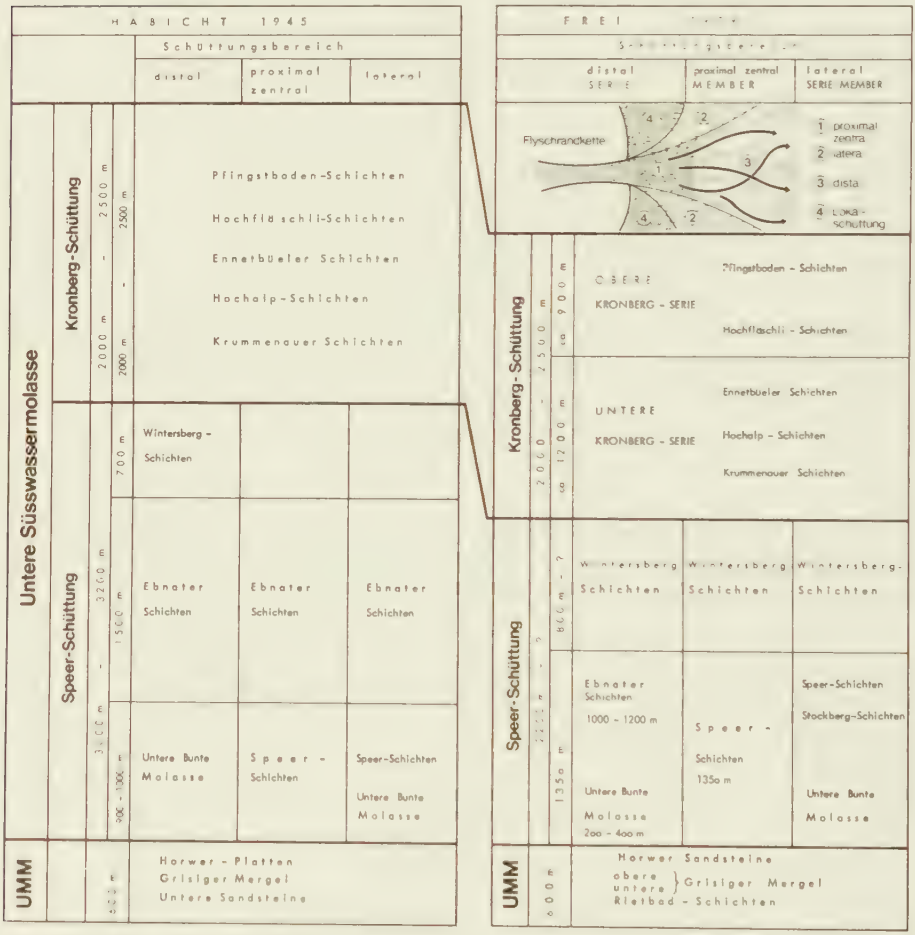
- Untere Bunte Molasse
- Ebnater Schichten
- Wintersberg-Schichten

behalten ihre Gültigkeit und werden als informelle lithostratigraphische Einheiten behandelt. Schon HABICHT (1945a: 26) betrachtet Teile der Ebnater Sandsteine als fazielle Vertreter und Ausläufer der Speer-Nagelfluh. Da in der vorliegenden Arbeit jedoch der Begriff "Speer-Schichten" weiter gefasst wird als bei HABICHT, und anderseits die Mächtigkeit der Unteren Bunten Molasse im distalen Bereich geringer eingeschätzt wird als von HABICHT, ergibt sich eine Umdeutung der lithostratigraphischen Korrelation vom proximalen zum distalen Bereich; die Ebnater Schichten werden nun ausschliesslich als distales Aequivalent der neu definierten Speer-Schichten betrachtet (Fig. 1 und Fig. 2).

Die lithofazielle Gliederung des Kronberg-Schuttfächers nach HABICHT bleibt weiterhin gültig. Die Schichten werden sedimentpetrographisch charakterisiert.

Die folgende Tabelle soll, unter Berücksichtigung der Mächtigkeiten, Klarheit über die lithostratigraphisch verwendeten Begriffe bringen.

Fig. 2: Zur lithostratigraphischen Nomenklatur der Subalpinen Molasse der Nordost-Schweiz



1.2. GEOLOGISCH - TEKTONISCHE UEBERSICHT

Das Untersuchungsgebiet liegt im subalpinen Bereich der östlichen Schweizermolasse zwischen Wägital im Westen und Urnäsch-Tal im Osten, im zentralen Bereich des Speer-Schuttfächers und dem westlichen Marginalbereich des Kronberg-Schuttfächers. Die untersuchten Sedimente gehören der Unteren Meeresmolasse und der Unteren Süsswassermolasse an.

Die markantesten Erhebungen sind AUSTOCK (1425m), PLANGGENSTOCK (1675m), HIRZLI (1640m), FEDERISPITZ (1865m), SPEER (1950m), STOCKBERG (1871m) und PFINGSTBODEN (1461m).

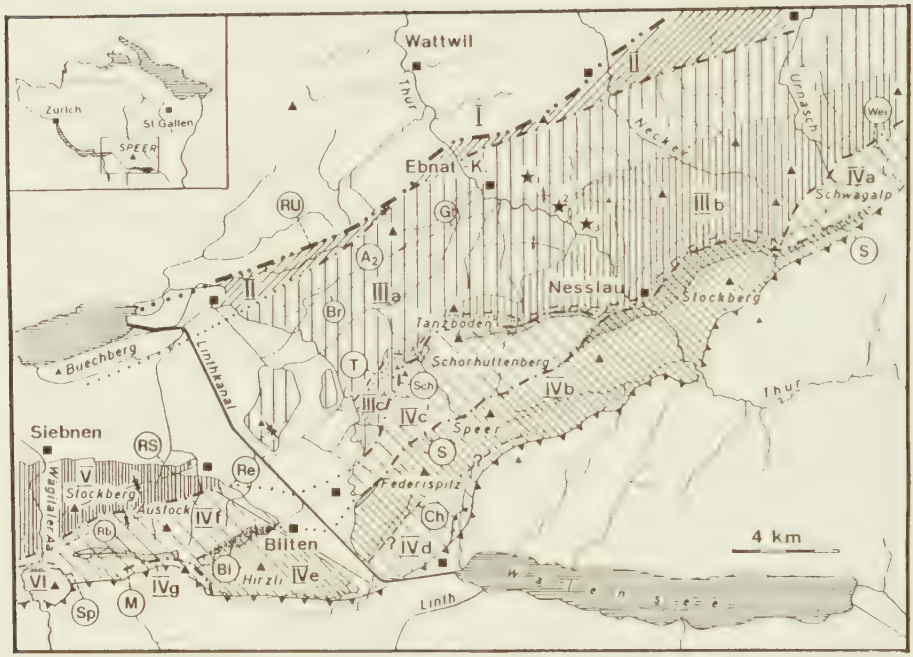
Das Untersuchungsgebiet wird durch die Linthebene in einen östlichen und einen westlichen Teil geteilt. Dies manifestiert sich einerseits in einer Azimutdifferenz im Streichen von ca. 20 Grad und andererseits in der unterschiedlichen Tektonik.

Westlich der Linthebene ist in den Schuppen der ursprüngliche Antiklinalbau der Subalpinen Molasse, welcher sekundär an Längs- bzw. Scheitelbrüchen verstellt wurde, noch erkennbar. Damit im Zusammenhang stehen offenbar die sekundären Schleppungen, die häufig in unmittelbarer Nachbarschaft grösserer Aufschiebungszonen zu finden sind (Reichenburger Synklinale).

Im Osten gehen die erwähnten Antiklinal- und Synklinal-Scheitelbrüche in Aufschiebungen über, sodass die isoklinal gelagerten, südfallenden Schichtpakete eine deutliche Schuppenstruktur aufweisen. An der Basis interner gelegener Schuppen ist die Untere Meeresmolasse aufgeschlossen. In ihren Mergeln liegen die Abscherungshorizonte der Subalpinen Molasse-Schuppen bzw. Molasse-Decken.[1]

(1) In Bezug auf den allochthonen Charakter der Subalpinen Molasse (Ueberschiebungsbeträge von über 20km) ist der Begriff "Molasse-Decken" sicher zutreffender, doch aufgrund der Struktur, isoklinal gelagerter Schichtpakete mit steiler Aufschiebungsfläche, wird weiterhin der Ausdruck "Schuppe" verwendet.

Fig. 3: Uebersichtsskizze: Geographie, Hydrographie, Tektonik



TEKTONISCHE EINHEITEN

I GRANITISCHE (MITTELLAENDISCHE) MOLASSE

II GAEBRISZONE S.L.

III KRONBERGZONE S.L.

III a Zone von EBNAT KAPPEL (Stamplan-Anteil der Kronbergzone HABICHT)

III b Kronbergzone s. str.

III c Kronbergzone - Süd

IV SPEERZONE S. L.

IV a Krätzerli-Schuppe

IV b Speer-Schuppe s.str.

IV c Schorhüttenberg Schuppe

IV d Chäseren Schuppe

IV e Hirzli-Schuppe

IV f Austock-Schuppe

IV g Melchterli-Schuppe

V PFIFEGG-SCHUPPE

VI SPITZBERG-SCHUPPE

UNTERE MEERESMOLASSE

★ SAEUGER-FUNDSTELLEN

1 Ebnat-Kappel 2 Wintersberg - 3 Krummenau (Trempel)

TEKTONISCHE LINIEN

AUFSCHIEBUNG VON SUBALPINEM FLYSCH / HELVETIKUM AUF DIE SUBALPINEN MOLASSE-SCHUPPEN

ALPENRAND

AUFSCHIEBUNGEN 1. ORNUNG

AUFSCHIEBUNGEN 2. ORDNUNG (INTERNE SCHUBFLAECHEN)

MUTMASSLICHER VERLAUF DER AUFSCHIEBUNGEN

BRUECHE / VERWERFUNGEN

SYNKLINALBIEGUNGEN, SYNKLINALE SCHLEPPUNGEN

ANTIKLINALBIEGUNGEN

ABKUERZUNGEN DER TEKT. BEZEICHNUNGEN

A_2	HAUPT-AUFSCHIEBUNG DER SUBALPINEN MOLASSE-DECKEN
Bl	BILTENER AUFSCHIEBUNG
Br	BREITENAU - ANTIFORM
Ch	CHAESEREN - AUFSCHIEBUNG
Gt	GIEGENTOBEL - AUFSCHIEBUNG
M	MELCHTERLI - AUFSCHIEBUNG
Rb	"RUEBERGGSCHWAEND - SYNKLINALE"
Re	REMPEN - AUFSCHIEBUNG
RS	"REICHENBURGER SYNKLINALE"
S	SPEER - AUFSCHIEBUNG
Sch	SCHORHUETTENBERG - AUFSCHIEBUNG
Sp	SPITZBERG - AUFSCHIEBUNG
T	TANZBODEN - AUFSCHIEBUNG
Wei	WEISSBACH - AUFSCHIEBUNG
RU	RAND-UNTERSCHIEBUNG (HABICHT)

Vereinfacht lassen sich die komplexen tektonischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet zwischen dem aufgerichteten Teil der Mittelländischen Molasse und dem Helvetikum durch folgendes Schema darstellen.

Fig. 4: Schematische Darstellung der Tektonik östlich und westlich der Linthebene

1.2.1. DAS GEBIET WESTLICH DER LINTHEBENE

Als wichtigstes tektonisches Element bezeichnet OCHSNER (1935:656) und (1975:120-122) die Biltener Antiklinale. Der Südschenkel dieser Antiklinale fällt im östlichen Teil mit 40-60 Grad gegen Süden, weiter westwärts sogar mit 60-80 Grad gegen Süden ein. Das Streichen der Schichten ist verglichen mit jenem des Nordschenkels verschieden. Beide Streichrichtungen konvergieren jedoch gegen Westen, was entweder auf ein axiales Fallen der "Antiklinale" gegen Westen oder auf das Vorhandensein eines antiklinalen Scheitelbruches mit etwelcher Verstellung des Südschenkels gegenüber dem nördlichen hindeutet. Die Tatsachen, dass einerseits die Aufschlüsse der Unteren Meeresmolasse (UMM) im Westen topographisch höher liegen (OCHSNER 1935:656) und andererseits im Biltener Tobel auffallend viele Kalzit-Adern und Rutschharnische in der heterolithischen Fazies der UMM zu beobachten sind, sprechen für die Existenz von Scheitelbrüchen. Sedimentpetrographische und pollenanalytische Untersuchungen zeigen, dass der Südschenkel um einige 100m den Nordschenkel überfahren haben muss, wobei er dessen Schichten lokal steil stellte oder gar überkippte (vgl. Fig. 14).

Somit scheint es sinnvoll, die Zone der Biltener Antiklinale (OCHSNER) und die Speerzone (HABICHT) in 2 Schuppen aufzuteilen, wobei der Ausdruck S p e e r z o n e s.l. als Oberbegriff beibehalten werden soll.

DIE HIRZLI-SCHUPPE

Diese Einheit entspricht dem östlichen Abschnitt des ursprünglichen Südschenkels der Biltener Antiklinale. Die vorwiegend aus Nagelfluh aufgebaute Schuppe wird im Querschnitt NIEDERURNEN ca. 1600m mächtig. Die sichtbare Mächtigkeit vermindert sich zusehends gegen Westen und wird

in der Gegend von MUESALP-GELBERG von einer weiteren Teilschuppe des Südschenkels, der Melchterli-Schuppe, überfahren. Die Hirzli-Schuppe wird in Norden durch die Biltener Aufschiebung abgegrenzt. Sie bildet eine Zone grösserer und kleinerer Kern-Schubflächen in den Mergeln der UMM, welche im Sattel zwischen MELCHTERLI und LACHNERSTOCK beginnt und bei BILTEN in die Linthebene aussticht. Im Süden steht die Hirzli-Schuppe in tektonischem Kontakt mit dem Subalpinen Flysch und ist das westliche Aequivalent der Speer-Schuppe s.str.

DIE MELCHTERLI-SCHUPPE

Diese Schuppe besitzt eine merkwürdige, bogenförmige Ausbildung und ist nach sedimentpetrographischen Kriterien als lokal verstelltes Teilstück des Biltener Antiklinal-Südschenkels zu deuten. Wegen der ausgedehnten Quartärbedeckung lässt sich über den Verlauf der Aufschiebung und der effektiven Tektonik nur wenig aussagen.

DIE AUSTOCK-SCHUPPE

Nördlich der Biltener Aufschiebung liegt die vorwiegend aus nordfallenden Schichten aufgebaute Austock-Schuppe, doch weisen saigere und südfallende Schichten im östlichen Teil, gestützt durch sedimentpetrographische Kriterien, dort auf eine komplexere, z.T. noch ungelöste Tektonik hin.
Im Gebiete GELBBERG-LAUIHOECHI tritt an der Basis dieser Schuppe die UMM zutage. Sie liegt in normal-stratigraphischem Kontakt mit der darüberliegenden randlichen Mergel-Fazies des Speer- Schuttfächers. Gegen Westen, im unteren TREPSENBACH, kommt es zur Ausbildung einer Antiklinale, die ein starkes axiales Gefälle gegen Westen aufweist. Die Aufschiebung der Melchterli-Schuppe liegt südlicher und verläuft somit nicht

mehr im Kern der ursprünglichen Biltener Antiklinale.
Im Osten der Austock-Schuppe (N des BILTENER TOBELS) stehen die Schichten senkrecht, z.T. sogar überkippt. Hier stehen höchste Speerschichten in tektonischem Kontakt mit Grisiger Mergeln. Innerhalb der Austock-Schuppe kommt es zur Ausbildung der Rueberggwänd-Synklinale (OCHSNER 1975:122). Diese Synklinale wird gegen E und W enger und verschwindet schliesslich als strukturelles Element. Dieses tektonische Phänomen in unmittelbarer Nähe der nördlich liegenden Rempen-Aufschiebung, welche die Austock-Schuppe gegen die Pfifegg-Schuppe abgrenzt, muss als Schleppungs- und Stauchungserscheinung gedeutet werden.

DIE PFIFEGG-SCHUPPE

Der Verlauf der Rempen-Aufschiebung, welche die Pfifegg-Schuppe im Süden begrenzt, kann wiederum wegen schlechter Aufschlüsse nur selten präzis lokalisiert werden. Sedimentpetrographisch kann sie nur S des STOCKBERG nachgewiesen werden.

Die Pfifegg-Schuppe ist eine über 2km mächtige, nach S einfallende Molasseplatte, welche lithologisch die typische distale Fazies des Speer-Schuttfächers repräsentiert. Die gegen oben zunehmenden Nagelfluhen sind am Südende dieser Schuppe synklinal aufgestülpt. Der Südschenkel dieser nach OCHSNER benannten "Synklinale" (Reichenburger Synklinale) zeigt senkrechte oder überkippte Schichtlagen. Im unteren Teil der Pfifegg-Serie treten zwischen dolomitarenitischen Sandsteinbänken pseudogranitische Sandsteine und kristallingeröllführende Nagelfluhbänke auf. Sedimentpetrographische Untersuchungen bestätigen den von OCHSNER (1935:651) postulierten sporadischen Einfluss der Rigi-Schüttung durch östliche Ausläufer. Die Nordgrenze der Pfifegg-Schuppe bildet die Rigi-Aufschiebung. Sie liegt im Untersuchungsgebiet bereits unter der Quartärbedeckung der Linthebene.

1.2.2. DAS GEBIET ÖSTLICH DER LINTHEBENE

In diesem Teil des Untersuchungsgebietes gilt weiterhin die von HABICHT (1945a) erkannte Tektonik, wenn auch lokale Abweichungen nach sedimentpetrographischen Kriterien und Ergebnissen festgestellt werden müssen.

Die Speerzone s.l. kann in 4 Einzelschuppen aufgeteilt werden. Sie fallen alle gleichmässig mit 40-60 Grad gegen S ein und sind Teile der proximalen bis "mid-fan"-Fazies der Speer-Schüttung.

DIE CHAESEREN-SCHUPPE

Diese Einheit ist anhand sedimentpetrographischer Kriterien von der Speer-Schuppe s.str. abzutrennen. Feldgeologisch kann die Zone der Aufschiebung nur lokal festgestellt werden, so östlich des Bahnhof Ziegelbrücke. Die Chäseren-Schuppe ist ca. 800 m mächtig und grenzt im Süden an den Subalpinen Flysch. Am alpenwärtigen Rand dieser Einheit sind nochmals lokal verstellte, nagelfluhreiche Schichtpakete feststellbar, so z.B. der Biberlichopf (OCHSNER 1975). Da biostratigraphische Daten in diesem Bereich noch fehlen, kann die Existenz einer Chäseren-Schuppe als internste Einheit der Speerzone s.l. nur postuliert werden.

DIE SPEER-SCHUPPE s.str.

Diese wird bis 600 m mächtig und darf als zentrales Strukturelement der Speerzone s.l. betrachtet werden. Die Speer-Aufschiebung kann sedimentpetrographisch immer nachgewiesen werden, im Felde jedoch nur dort, wo die Schichten der Unteren Meeresmolasse die Basis dieser Einheit bilden. Die fluvialen Ablagerungen liegen in der typischen konglomeratreichen,

proximalen Fazies eines Schuttfächers vor. Gegen Osten findet ein allmählicher Fazieswechsel statt, indem die untersten Nagelfluhbänke auskeilen und die mergeligen Schichten einer Delta-Rand-Fazies (delta abandonment) vorherrschen.

DIE SCHORHUETTENBERG-SCHUPPE (HABICHT 1945a: 30)

Die Schorhüttenberg-Schuppe ist durch die Speer-Aufschiebung von der S gelegenen Speer-Schuppe abgetrennt und repräsentiert das Bindeglied zwischen der proximalen und der distalen Fazies der Speer-Schüttung. Die Schichten bestehen aus Mergeln, Sandsteinen und Nagelfluhen, wobei letztere bei weitem nicht mehr so zahlreich vorliegen wie in der Speer-Schuppe. Ihre Mächtigkeit beträgt etwa 2300 m, wobei alle Schichten von der heterolithischen Fazies der UMM bis in die jüngsten Ablagerungen der USM der Speer- Schüttung aufgeschlossen sind. Hieraus resultiert ein sedimentpetrographisches Standardprofil für die lithostratigraphische Gliederung der im zentralen Bereich gelegenen Schichten der Speer-Schüttung. Die Schorhüttenberg-Aufschiebung bildet die Grenze gegen die nördlich anschliessende Kronbergzone s.l. Ihr Verlauf ist infolge der ausgedehnten Quartärbecken östlich der Linthebene nur an wenigen Stellen lokalisierbar.

DIE KRAEZERLI-SCHUPPE (HABICHT 1945a: 100)

Als langes schmales Band grenzt die Kräzerli-Schuppe im N an die stratigraphisch höchsten, kristallinführenden Nagelfluhen der Kronbergzone, während im S die Speer-Schuppe und der Subalpine Flysch in tektonischem Kontakt mit der Kräzerli-Schuppe stehen. Schutthalden und Lokalmoränen am Fusse des Säntis verwehren vorwiegend im südlichen Teil Einblick in die Zusammenhänge der komplexen Texktonik dieser Einheit. Sedimentpetrographisch wurde nur die im Westen gelegene Teilschuppe untersucht.

DIE KRONBERGZONE s.l.

Die Kronbergzone s.l. liegt zwischen der Gäbriszone s.l. im Norden und der Speerzone s.l. im Süden. Ihre Mächtigkeit beträgt über 4000m.

Die Nordgrenze der Kronbergzone s.l. wird von der im Kern der "Ostschweizerischen Antiklinale" A_2 verlaufenden Aufschiebung gebildet. Sedimentpetrographische Untersuchungen zeigen, dass der Südschenkel dieser Antiklinale die Front einer Subalpinen Molassedecke darstellt, während der Nordschenkel eine parautochthone Stellung einnehmen muss. Die Schorhüttenberg-Aufschiebung im W des Thurtales und die Speer- bzw. die Weissbach-Aufschiebung östlich davon bilden die Südgrenze der Kronbergzone. Die Tektonik dieser Zone ist eng verknüpft mit dem stratigraphisch lithologischen Aufbau. Die Basis der Kronbergzone s.l. besteht aus der distalen Speer-Schüttung. Im W ist sie gefaltet, im E von sekundären Schubflächen durchsetzt. Die stratigraphisch höheren Schichten liegen wiederum in konglomeratischer Fazies vor. In ihnen kann der Uebergang von der Speer-Schüttung in die jüngere, kristallinführende Kronberg-Schüttung beobachtet werden. Drei wichtige Säuger-Fundstellen (EBNAT-KAPPEL, TREMPEL, KRUMMENAU) innerhalb der Kronbergzone s.l. gestatten Vergleiche mit den Referenz-Lokalitäten von BONINGEN, CODERET und PAULHIAC (vgl. Fig.88).

Den Südrand der Kronbergzone s.l. bildet die Zone "Kronberg-Süd" (HABICHT 1945a). Diese durch die Tanzboden-Aufschiebung abgetrennte Einheit ist am Rande der Linthebene ungefähr 1,5km breit, verschmälert sich gegen E immer mehr und scheint im Luterental ganz zu verschwinden. Obwohl die lithostratigraphische Stellung dieser Quetschzone anhand von Schwermineralien abgeklärt werden kann, erschweren zahlreiche interne Schubflächen und die Quartärbedeckung einen

umfassenden Einblick in die Tektonik.

DIE GAEBRISZONE

Die von HABICHT (1945a:11) definierte Gäbriszone s.l. liegt zwischen der basalen Aufschiebung der Kronbergzone s.l. und dem aufgerichteten Südschenkel der Mittelländischen Molasse. Im Thurtal ist die nach Westen auskeilende Zone nur noch wenige 100m breit und zeigt eine von Sekundärstörungen durchsetzte,vorwiegend N-fallende Schichtserie in sandig-mergeliger Fazies.

2. SEDIMENTPETROGRAPHIE

2.1. SCHWERMINERALANALYSEN

2.1.1. ALLGEMEINES

Lithologisch monotone und fossilarme Serien, wie sie Molasseablagerungen darstellen, wurden in den letzten Jahren mit Erfolg durch Schwermineralanalysen lithostratigraphisch definiert, gegliedert und einzelnen Schuttfächern zugeordnet. Mithilfe von Schwermineral-Analysen konnte auch die Tektonik in verschiedenen Subalpinen Molassezonen weitgehend geklärt werden. Eindrückliche Ergebnisse erzielten u.a. FUECHTBAUER (1954-1967), HOFMANN (1957), GRIMM (1965), MATTER (1964), GASSER (1966, 1968), H.P. MUELLER (1971) STUERM (1973) und S. SCHLANKE (1974).

2.1.2. BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN IM ARBEITSGEBIET

Als Pionier sedimentpetrographischer Untersuchungen im Toggenburg darf K. HABICHT (1945a) bezeichnet werden. Seine Schwermineraluntersuchungen im Speer- und Kronberg-Schuttfächer erbrachten Unterschiede, doch unterliess er weitgehend deren Interpretation. Zudem geben seine Prozentzahlen ein verzerrtes SM-Bild wieder, da er nach der damals allgemein üblichen Aufbereitungsmehtode die Proben mit heisser Salzsäure behandelte und den diagnostisch wichtigen Apatit zerstörte. Da gerade dieses Mineral in der UMM und in der oberen USM charakteristisch ist, verwundert es nicht,

dass HABICHT (1945a:151) die SM-Führung der Subalpinen Molasse als ungeeignet für eine stratigraphische Parallelisation über weitere Strecken bewertet hat.

FUECHTBAUER (1964) sammelte im östlichen Untersuchungsgebiet einige Proben für seine Arbeit "Sedimentpetrographische Untersuchungen nördlich der Alpen", doch dürfte er in den Proben den signifikanten Spinell übersehen haben. MUELLER (1971:45) beschreibt ein Profil durch die Subalpine Molasse am Ostrand der Linthebene. Obwohl er Spinell als konstantes Begleitmineral erwähnt (weniger als 5%), erreichen seine Analysen nie die üblichen Werte um 20% herum. Seine Interpretationen, sowie jene von STUERM (1973:46) über östliche Schüttungen, bedürfen daher einer Korrektur.

Aus dem westlichen Untersuchungsgebiet zwischen Linth und Wägital fehlen aussagekräftige, sedimentpetrographische Angaben. Einzig VON MOOS (1935) untersuchte 3 Proben.

2.1.3. BESCHREIBUNG UND HERKUNFT DER SCHWERMINERALIEN

Auf die Beschreibung und Herkunft der Schwermineralien (SM) sowie deren Korngrössenabhängigkeit und den Effekt der Intrastratal solution in der westlichen Molasse wird verzichtet, da sich VON MOOS (1935), FUECHTBAUER (1954, 1957, 1964), HOFMANN (1957), MILNER (1962), MATTER (1964), GASSER (1966) und SCHLANKE (1974) ausführlich damit befasst haben.

Zusammenfassend muss unter Berücksichtigung eigener Resultate für das Untersuchungsgebiet festgehalten werden:

1. Veränderungen der Schwermineral-Assoziation sind hauptsächlich auf die Umgestaltung der distributiven Provinz zurückzuführen.

2. Korrelationshindernde Einflüsse durch postdepositale Veränderung konnte nicht beobachtet werden.
3. Veränderungen im Schwermineral-Spektrum bedingt durch Korngrösseneffekte machen sich nur in marginalen Schuttfächerteilen bemerkbar, wo lateral ein extremer Fazieswechsel vorliegt.

2.1.4. METHODIK: AUFBEREITUNG DER SCHWERMINERALIEN

Zur Präparatherstellung habe ich mich, um vergleichbare Resultate erhalten zu können, der bekannten Methode von FUECHTBAUER (1954) und von HOFMANN (1957) bedient:

Die Proben wurden im Mörser vorsichtig zertrümmert und die Korngrössen von 0,06 bis 0,4mm ausgesiebt. Anschliessend fand eine Dekarbonatisierung der Fraktion mit 10%-iger Ameisensäure statt. Die Schweretrennung erfolgte mit Bromoform (d=2,88) durch Auswaschen der Leichtminerale aus Porzellanschalen. Als Einbettungsmittel diente Arochlor Nr. 4465 (n=1,66); dieses hat gegenüber Kanadabalsam den Vorteil, dass darin Granat-Epidot-Zirkon-Spinell-Rutil-Staurolith höher brechend und Turmalin, Apatit, Baryt und Hornblende tiefer brechend erscheinen.

2.1.5. AUSZÄHLEN DER SCHWERMINERALIEN

Es wurden pro Präparat mindestens 100 Körner exklusive Granat ausgezählt und gleich 100% gesetzt. Daraus berechnen sich die Anteile der einzelnen Schwermineralien. Da Granat immer viel häufiger auftritt, werden die Granat-

prozente wie folgt errechnet (vgl. FUECHTBAUER 1964):
Die Anzahl der bestimmten Schwermineralien, Granat eingeschlossen, werden gleich 100% gesetzt, und Granat wird in Prozenten dieser Summe ausgedrückt.

2.1.6. SEDIMENTPETROGRAPHISCHE FORMEL

FUECHTBAUER (1964) verwendet zur Charakterisierung von Schwermineral-Spektren "sedimentpetrographische Formeln".
Sie sind nach folgendem Schema aufzustellen:

Granat wird immer vorangestellt. Tritt er als häufigstes Schwermineral (SM) auf, so wird er gross geschrieben (G), sonst klein (g). Die übrigen SM folgen in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit. Hauptgemengteile (>10%) werden gross geschrieben, Nebengemengteile (2-10%) klein. Akzessorisch auftretende SM sind nicht berücksichtigt.

Eine Legende zu den Schwermineral- und Karbonatanalysen findet sich im Kapitel 'Begriffe, Symbole und Abkürzungen' .

2.2. KARBONAT-ANALYSE

Der Karbonatgehalt wurde ebenfalls nach der von HOFMANN (1957:291;1959:108) beschriebenen und am Geologischen Institut der ETH eingeführten Methode, der CO_2-Gasmessung im Passonapparat, bestimmt.

Die Proben werden mit der Scheibenschwingmühle in eine Fraktion kleiner 2µ zerschlagen und 2g der Gesteinssubstanz

werden hierauf mit 15%-iger Salzsäure versehen. Das Kalzit-/Dolomitverhältnis wurde nach der von HOFMANN empfohlenen und bewährten 60-Sekundengrenze abgeschätzt, d.h. die innerhalb einer Minute produzierte Gasmenge stammt von Kalziten, die restliche Gasmenge der bis zu 30 Minuten dauernden Reaktion darf dem Dolomit-Anteil zugesprochen werden. Der Ablesungsfehler liegt bei dieser Methode bei 2-3%, also innerhalb der Signifikanzschwelle. MATTER (1964) taxiert diese Methode als ungenau und bevorzugt die komplexometrische Titration. Doch entscheidend für die Zuverlässigkeit der Karbonatwerte ist nicht nur die Wahl der Methode, sondern vielmehr die Entnahme von unverwitterten Proben.

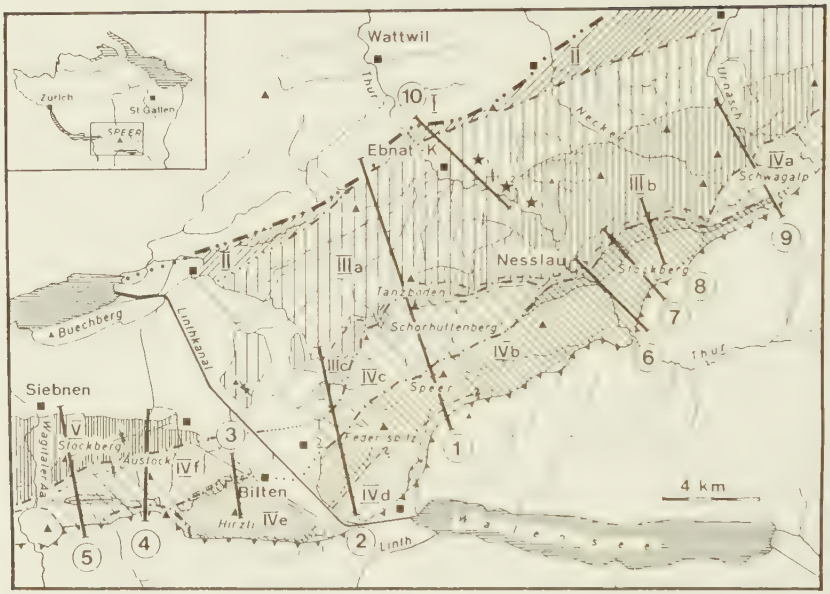
2.3. RESULTATE

Die Resultate der SM- und Karbonat-Analysen sind in den Profilen dargestellt. Die einzelnen Profile werden zuerst auf ihre SM-Führung und ihren Karbonatgehalt hin besprochen und interpretiert. Die Charakterisierung einzelner Schüttungen erfolgt in einem besonderen Abschnitt. Die Profilspuren sind auf der folgenden Seite in Fig. 5 eingezeichnet.
Numerische Einzelwerte liefert Tabelle I , im Anhang.

2.3.1. DAS SPEER-PROFIL

(Fig. 6)
Dieses Profil gibt einen umfassenden Einblick in die tektonischen Verhältnisse der Subalpinen Molasse im zentralen Bereich der Speer-Schüttung und umfasst sämtliche lithologische Einheiten der proximalen als auch der distalen Fazies.
Auffallend ist dabei das Auftreten einer relativ uniformen Verteilung in der SM-Führung, doch lassen sich eindeutige

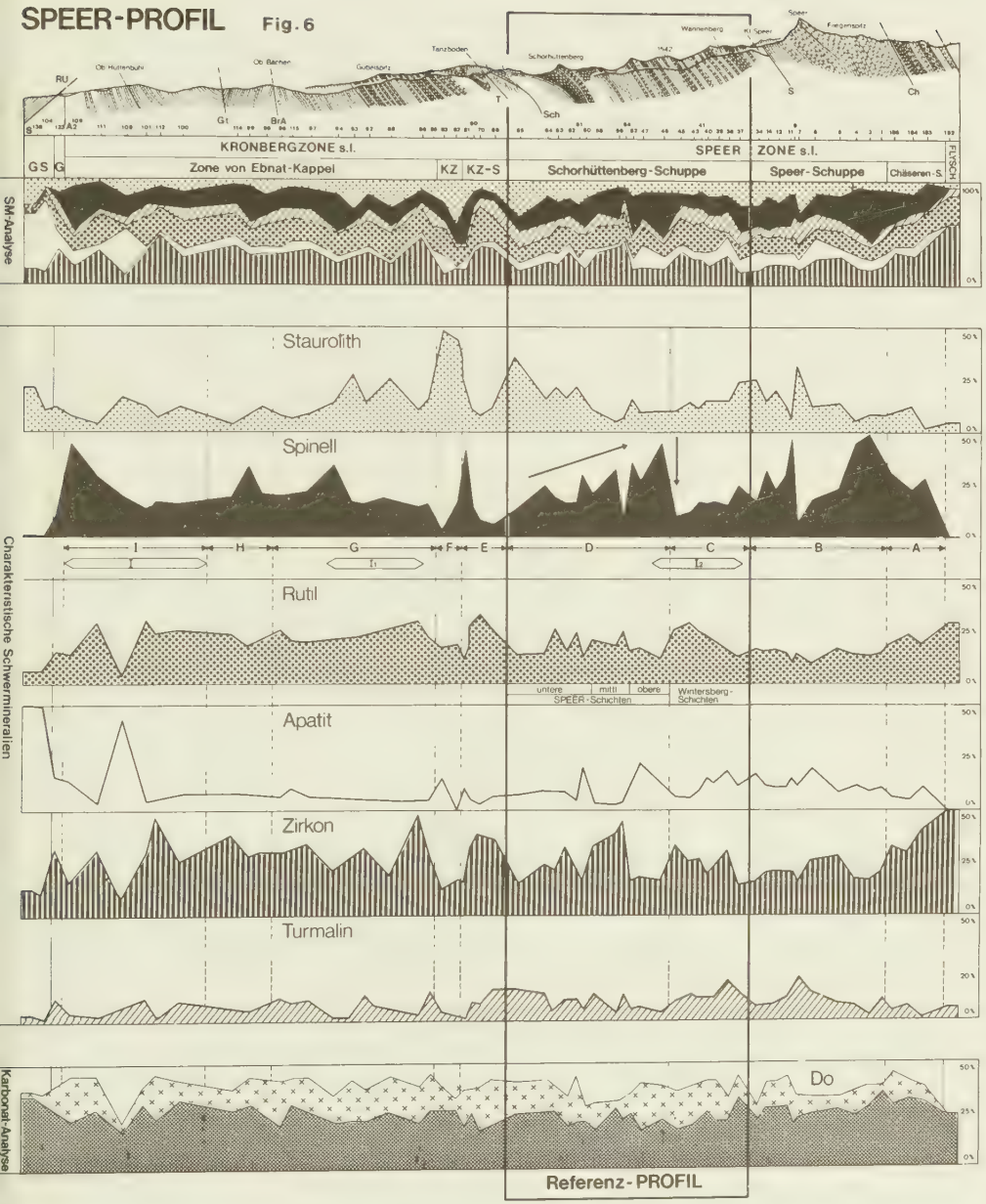
Fig. 5: Lage der Schwermineral-Profile



1	Speer-Profil	6	Thur-Profil
2	Schänerberg-Profil	7	Stockneregg-Profil
3	Hirzli-Profil	8	Rietbad-Profil
4	Austock-Profil	9	Urnäsch-Profil
5	Stockberg-Siebnen-Profil	10	Schmidberg-Kappel-Profil

★ wichtige Säuger-Fundstellen

SPEER-PROFIL Fig. 6



Trends in jeder tektonischen Einheit feststellen. Dies manifestiert besonders der Spinell in der Speerzone s.l., indem die Werte in der Schorhüttenberg-Schuppe als auch in der Speer-Schuppe s.str. von der Basis der USM in stratigraphisch höhere Schichten von 16% auf 45% ansteigen (vgl. Abschnitt D und B), anschliessend jedoch auf konstante Werte um 15% zurückfallen (vgl. Abschnitt C). Dieses Phänomen kann nicht nur in diesem Profil beobachtet werden, sondern auch weiter westlich bei ZIEGELBRUECKE (Profil Schänis). Zweifellos muss dem Spinell für die ältesten Molasse-Ablagerungen in der Ostschweiz lithostratigraphischer Leitwert zugesprochen werden, ist im Untersuchungsgebiet dieser Spinell-Sturz sowohl in der Speer-Schuppe s.str. als auch in der externer gelegenen Schorhüttenberg-Schuppe nach 1350m ab Basis USM sichtbar (vgl. Fig. 6).

Offenbar scheint diese Beobachtung regionalen Charakter zu haben und dürfte nicht nur auf die Speer-Schüttung beschränkt sein. STUERM (1974:34) beschreibt gleiche Tendenzen aus dem Rigi-Gebiet:

> "Charakteristisch ist die konforme Spinell-Entwicklung in allen Profilen. Der Spinell-Gehalt steigt von der Rigi-Basis über die Molasse Rouge und die Weggiser Serie allmählich an. In der radiolaritreichen Serie und in der Unteren Bunten Serie erreicht er Maximalwerte und klingt gegen das Dach der Rigi-Hauptschuppe wieder langsam ab."

Somit liegt die Vermutung nahe, dass die Spinell-reichen Schichten des Speer- und des Rigi-Schuttfächer aus der gleichen distributiven Provinz stammen und sich vorwiegend aus Flyschanteilen der Simmendecke zusammensetzen.

Infolge der guten Aufschlussverhältnisse, der vollständigen Schichtserien von der UMM bis in die höchsten fluviatilen

Ablagerungen des Speer-Schuttfächers, aber auch wegen der unterschiedlichen Lithologie in Form einer repräsentativen "mid-fan"-Fazies, kann die Schorhüttenberg-Schuppe als 'REFERENZ-PROFIL' im zentralen Bereich betrachtet werden (Fig.6).

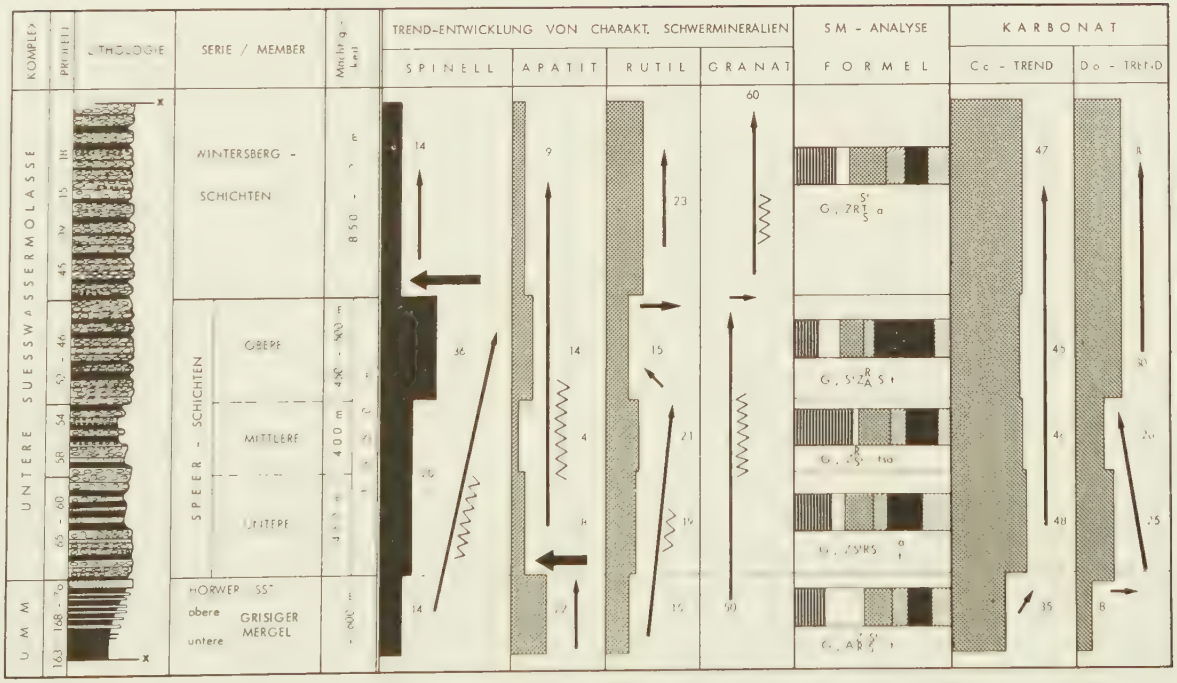
Im Referenz-Profil (Fig. 7) sind die einzelnen Schichten durch die charakteristischen Schwermineralien graphisch dargestellt, die Zahlen bedeuten Mittelwerte. Damit wird es möglich, die Serien aller tektonischen Einheiten im Untersuchungsgebiet lithostratigraphisch einzuordnen.

Signifikant ist der durchwegs hohe Apatit-Gehalt in der Unteren Meeresmolasse (über 20%), welcher mit Beginn der fluviatilen Ablagerungen jäh abnimmt und nur noch selten als Hauptgemengteil vorkommt. Interessant ist die Tatsache, dass in der Schorhüttenberg-Schuppe die konventionelle Grenze der UMM/USM mit der sedimentpetrographischen Grenzziehung zusammenfällt. Dies im Gegensatz zu interner liegenden UMM-Teilen, bei denen die Grenze nach sedimentpetrographischen Kriterien bereits innerhalb der Unteren Bunten Molasse (UBM) oder den Speer-Schichten liegt. Ob diese Tatsache ein Indiz für die Heterochronität der Horwer Sandsteine darstellt, wird später diskutiert.

Als weitere Evidenz ist der Spinell-Gehalt (15-20%) zu betrachten, welcher in den oberen Speer-Schichten Durchschnittswerte von 35-45% erreicht. Die darüberliegenden Wintersberg-Schichten charakterisieren sich durch den relativ bescheidenen Spinell-Anteil von 14% und durch die konstant über 20% liegenden Anteile der Rutil-Gruppe.

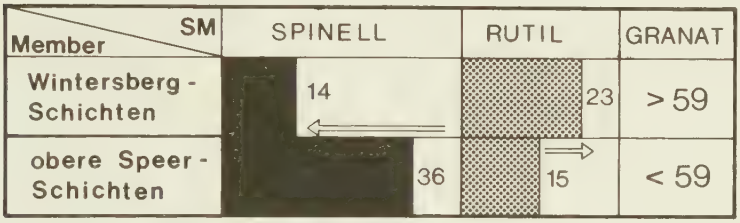
Granat schwankt relativ stark, doch kann ein zunehmender Trend in stratigraphisch höhere Schichten festgestellt werden.
Die Speer-Schichten weisen einen Mittelwert von 50% auf, während die Granat-Werte der einzelnen Proben in den Wintersberg-Schichten nur wenig um den Mittelwert von 61% pendeln.

Fig. 7 : Referenz-Profil 'Schorhüttenberg-Schuppe'



Diagnostisch für eine Trennung der Speer-Schichten von den Wintersberg-Schichten ist nebst Spinell und Rutil mit 90% Zuverlässigkeit der Granat-Wert von 59%.

Fig. 8 : Signifikante Trenn-Kriterien von Speer-/Ebnater Schichten und Wintersberg-Schichten, in %.



Die Abtrennung der unteren von den mittleren Speer-Schichten ist allgemein recht schwierig, weisen doch beide Serien die gleichen Mittelwerte im Spinell-, Turmalin- und Rutil-Gehalt auf. Lokal sind die unteren Speer-Schichten staurolithreicher, die mittleren jedoch zirkonreicher und weisen Dolomitwerte unter 20% auf.

In marginalen und distalen Schuttfächerteilen werden die Mittelwerte durch lokale Abweichungen und Korngrösseneffekte leicht verändert, doch zeigen Trends unmissverständlich auf ihre Aequivalente im proximalen Teil hin.

Legende zu Fig. 7 : Referenz-Profil 'Schorhüttenberg'

TREND-ENTWICKLUNG

± konstant (mit kleiner Variation der Einzelwerte)

zunehmend

abnehmend

signifikante TREND-Aenderung

rel. grosse Streuung der Einzelwerte

Die Zone der Speer-Aufschiebung verläuft nach feldgeologischen Kriterien am Fusse des KLEINEN SPEER, unmittelbar nördlich der SM-Probe 34 (Fig.6), deren Spektrum unterste Speer-Schichten anzeigt. Die Proben nördlich dieser Aufschiebung (S 37 und 38) gehören nach sedimentpetrographischen Kriterien ebenfalls in die untersten Speer-Schichten. Sie müssen infolge ihrer tektonischen Beanspruchung als verschürfte Pakete an der Basis der Speer-Schuppe s.str. betrachtet werden. Diese Schürflinge stehen S des WANNENBERG-Gipfels in tektonischem Kontakt mit Wintersberg-Schichten. Dieser Aufschiebung kommt jedoch nur sekundären Charakter zu, da sie weiter westlich nicht mehr sichtbar ist. Abschnitt B repräsentiert eindrücklich die progressive Spinellentwicklung mit Maximalwerten von 50% in der Speerschuppe s.str. Der zu erwartende Spinellsturz tritt nicht ein. Vermutlich wurden im proximalen Schuttfächerteil keine oder nur wenige Meter von Wintersberg-Schichten abgelagert. Zwischen den Lokationen 1 und 185 steigt der Zirkon von unter 20% im Mittel auf über 30% sprunghaft an. Der Apatitgehalt verkleinert sich nochmals, während die Rutil-Gruppe auf Werte von 20% klettert. Diese Trends zielen ohne Zweifel auf die mittleren Speer-Schichten hin. Zusätzlich wird die Identifikation der mittleren Speer-Schichten erleichtert durch die für sie so charakteristischen Dolomit-Werte, welche unter 20% liegen. Somit muss anhand sedimentpetrographischer Kriterien zwischen der Lokation 1 und 185 eine Aufschiebung postuliert werden, in der mittlere Speer-Schichten auf obere Speer-Schichten zu liegen kommen. Dieses Phänomen kann nicht nur in diesem Profil durch die Speer-Schuppe s.str. beobachtet werden, sondern tritt nochmals weiter westlich im Profil 'Schänerberg' auf. Diese Erkenntnis rechtfertigt daher die Einführung einer neuen Schuppe innerhalb der Speer-Schuppe s.str. Ich möchte sie "Chäseren-Schuppe" nennen. Lithologisch unterscheidet sich die Chäseren-Schuppe nicht von der Speer-Schuppe s.str..

Es wechsellagern Nagelfluhbänke mit Mergeln, welche mit 50° gegen Süden einfallen. Geröllpetrographisch besteht kein Unterschied zu externer liegenden Aequivalenten, jedoch kann generell eine Grössenzunahme der Geröllkomponenten, insbesondere der Flyschsandsteine in der Chäseren-Schuppe, konstatiert werden. Der Kontakt zum Subalpinen Flysch ist wiederum durch einen markanten Wechsel im SM-Bild gekennzeichnet: starker Anstieg von Zirkon und Rutil,dagegen verschwinden Apatit und Spinell ganz aus dem SM-Spektrum. Auch in der Karbonatführung zeichnet sich der Uebergang in den Subalpinen Flysch deutlich ab, indem der Dolomit-Anteil eliminiert wird.

Im Abschnitt E ist dieselbe Trend-Entwicklung bei den charakteristischen Schwermineralien Zirkon, Spinell, Rutil-Gruppe und Turmalin erkennbar wie in Abschnitt C. Die stark tektonisch beanspruchte Zone Kronberg-Süd besteht somit aus Fetzen von obersten Speer- (S 81) und untersten Wintersberg-Schichten (S 80, 70, 68). Nördlich der Tanzbodenaufschiebung (Abschnitt F) steigt der Staurolith-Gehalt auf über 40% an, während sich Zirkon als Hauptgemengteil noch knapp behaupten kann, und Spinell im Mittel nur noch als Nebengemengteil (unter 10%) das Spektrum beeinflusst. An akzessorischen Mineralien treten sporadisch Chlorit, Titanit und Disthen auf. Diese krasse Aenderung im SM-Bild lässt auf eine neue Schüttung schliessen, deren Liefergebiet in vorwiegend metamorphen Gesteinen zu suchen ist. Die SM-Assoziation widerspiegelt die westlichsten Ausläufer der Kronberg-Schüttung mit den Krummenauer Schichten als Basis. Bemerkenswert ist der relativ hohe Spinell-Gehalt in Probe 82 von 16% gegenüber den üblichen 2-5%. Dieser bestätigt einmal mehr, dass bereits Material aus den stratigraphisch tiefer liegenden Schichten der Speer-Schüttung umgelagert worden ist.

Vergleichen wir die Zone von Ebnat-Kappel mit den beiden Schuppen der Speerzone s.l., so kann ein leichter Anstieg der Durchschnittswerte bei Zirkon und der Rutil-Gruppe registriert werden, während die Apatit-Werte etwas tiefer liegen. Offenbar zeigen sich doch gewisse Auswirkungen der Resistenz von Schwermineralien in distalen Faziesbereichen. Weiter fällt auf, dass die Streuung der Minimal- und Maximalwerte eines Members kleiner geworden ist, was wahrscheinlich eine Folge der besseren Durchmischung in sandig-mergeliger Fazies ist. Trotz dieser im Untersuchungsgebiet manifesten Anreicherung der resistenten SM (ausser Spinell) zeigt A b s c h n i t t G wiederum dieselben Trends an wie Abschnitt D und C:

- Ansteigen der Spinell-Werte auf 35% und anschliessender Rückgang auf konstante Werte um 15%
- Ansteigen der Staurolithwerte und des Anteiles der Rutil-Gruppe, sobald die Spinell-Dominanz zusammenbricht.

Diese Kriterien genügen vorderhand, um die von HABICHT (1945a) lithofaziell definierten Ebnater-Schichten als externer liegende Aequivalente der Speer-Schichten zu betrachten. Die Abtrennung der Wintersberg-Serie liegt in diesem Abschnitt zwischen den Lokationen 93 und 94. Dies bestätigen auch die calcimetrischen Daten, welche eine Tendenz zu höheren Dolomitwerten aufweisen. Dieser Abschnitt G repräsentiert wiederum eine beinahe vollständige Serie der Speer-Schüttung, beginnend mit Unterer Bunter Molasse im Kern der Breitenau-Antiform. Die Aenderung im SM-Bild in den stratigraphisch höchsten Schichten veranschaulicht das Versiegen der Speer-Schüttung. A b s c h n i t t H, dessen Spektrum untere Ebnater-Schichten bzw. Speer-Schichten widerspiegelt, entspricht dem nach N einfallenden Schenkel der"Breitenau-Antiklinale".

Der Giegenbach-Aufschiebung kommt grössere Bedeutung zu als bisher angenommen wurde. Sie kann ohne weiteres als Aufschiebung erster Ordnung eingestuft werden, liegen doch untere Speer-Schichten (Abschnitt H) auf stratigraphisch höheren Wintersberg-Schichten (Abschnitt I). Da die Giegenbach-Aufschiebung nach Osten infolge ausgedehnter Quartärbedeckung nur rudimentär verfolgbar ist, und im Thurtal der weitere Verlauf in Zusammenhang mit der Toggenburger Flexur steht, wird in dieser Arbeit auf eine Unterteilung der Zone von Ebnat-Kappel in weitere Schuppen verzichtet.

Im A b s c h n i t t I vertreten die Proben 109 und 111 die obersten Ebnater-Schichten, während die Proben 101, 112 und 100 die charakteristische SM-Assoziation der Wintersberg-Schichten tragen. Diese typische Trend-Entwicklung sei nochmals im ganzen Speer-Profil durch Markierung der äquivalenten Sequenzen mit $I_{1,2,3}$ veranschaulicht.

Bemerkenswert ist noch die Lokation 108. Mit ihrem ungewohnt hohen Apatitgehalt sowie Zirkon und Rutil als Nebengemengteile, weist dieses Spektrum auf die Existenz von pseudogranitischen Sandsteinen in den oberen Ebnater-Schichten hin (vgl. FUECHTBAUER 1964:187). Nördlich der Rand-Unterschiebung treffen wir ein vollkommen anderes SM-Bild an. Die hohen Apatitwerte, das Fehlen von Spinell und die relative Armut an Dolomit charakterisieren die Granitischen Sandsteine der Mittelländischen Molasse.

Die besonderen Verhältnisse zwischen Rand-Unterschiebung und der Hauptaufschiebung A_2 werden in einem speziellen Profil 'Schmidberg-Kappel' (Fig.9) analysiert.

Fig. 9: Uebersicht über die stratigraphische Stellung der beschriebenen Abschnitte im Speer-Profil sowie deren approximative Lage im zentralen Schuttfächer.

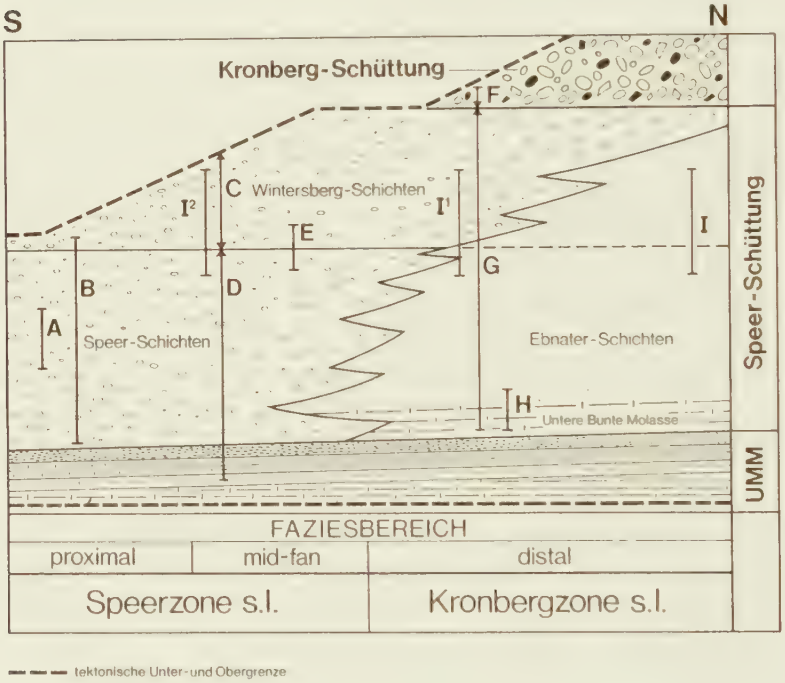


Fig. 10: Sedimentpetrographischer Vergleich der Schichtserien der proximalen Konglomerat-Fazies mit der distal liegenden Sandstein-/Mergel-Fazies.

(Die Zahlen bedeuten Mittelwerte)

(Fig.10)

	SPEER - SCHICHTEN		EBNATER SCHICHTEN
	Speer - Schuppe	Schorhüttenberg Schuppe	Zone von Ebnat - Kappel
	proximal		distal
Zirkon	21	27	29
Apatit	13	8	7
Rutil	14	18	20
Turmalin	10	9	8
Spinell	30	25	25
Staurolith	12	12	10
Kalzit	52	46	52
Dolomit	21	25	28
ANZAHL PROBEN	15	14	10

A. SPEER-/EBNATER SCHICHTEN (Fig. 10)

Die sedimentpetrographischen Daten zeigen deutlich, dass die Ebnater Schichten das distale Aequivalent der Speer-Schichten darstellen. Pollenanalytische Untersuchungen bestätigen die Zugehörigkeit zur gleichen Florenzone. Die Korrelation stützt sich vorwiegend auf die Spinell-Werte, welche sowohl im proximalen als auch im distalen Faziesbereich über 25% liegen. Charakteristisch sind auch die Dolomit-Anteile: Die Mittelwerte liegen alle unter 30%. Auffallend ist jedoch eine geringe, kontinuierliche Zunahme der resistentesten Schwermineralien Zirkon und Rutil, je externer die Speer- bzw. Ebnater Schichten liegen. Während Apatit und Staurolith infolge ihrer geringeren Resistenz auf dem langen Transportweg minime Einbussen aufweisen.

B. WINTERSBERG-SCHICHTEN
(Fig. 11)

Kennzeichnend für die Wintersberg-Schichten in der Schorhüttenberg-Schuppe und in der externer liegenden Zone von Ebnat-Kappel sind die um 10% tiefer liegenden Spinell-Werte. Dieses rotbraune, isotrope Mineral besitzt im Untersuchungsgebiet ohne Zweifel lithostratigraphischen Leitwert. Die resistenteren Schwermineralien zeigen auch in den Wintersberg-Schichten eine geringe Zunahme wie in den Speer- bzw. Ebnater Schichten, während Apatit und Turmalin die zu erwartende negative Trend-Entwicklung aufweisen. Die höheren Staurolith-Werte in der externer liegenden Kronbergzone s.l. sind auf den Einfluss der über den Wintersberg-Schichten einsetzenden Kronberg-Schüttung zurückzuführen, welche an der Basis Staurolith-Werte von 30% und mehr enthalten kann. Trotz der geringfügigen Zu- bzw. Abnahme einzelner Schwermineralien weisen die Wintersberg-Schichten überall dieselbe sedimentpetrographische Formel auf: G, ZRS'S(T) ta.

Fig. 11: Sedimentpetrographischer Vergleich der Wintersberg-Schichten in proximaler und distaler Lage

	Wintersberg-Schichten	
	Schorhüttenberg	Kronbergzone s.l.
Zirkon	26	32
Apatit	9	5
Rutil	23	25
Turmalin	13	9
Spinell	14	16
Staurolith	13	16
Kalzit	47	53
Dolomit	30	31
Anzahl Proben	9	8

Fig. 12: Sedimentpetrographischer Vergleich der Schuppen und Zonen im Speer-Profil
(die Zahlen bedeuten Mittelwerte)

Die Schwermineralführung in den Schuppen 1, 2,3 dokumentiert ihre Zugehörigkeit zur gleichen Schüttung, zur Speer-Schüttung. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass dieselben Trends, wie sie die einzelnen Schichten vom proximalen in den distalen Bereich aufweisen, bei allen Schwermineralien bestätigt werden können (vgl. Fig. 12).
Die SM-Assoziation im Kolonnen-Profil 4 ist von derjenigen der bisher besprochenen Speer-Schüttung grundsätzlich verschieden. Geprägt durch den sehr hohen Staurolithgehalt sowie die niedrigen Zirkon- und Spinell-Werte lässt sich diese Einheit der Kronberg-Schüttung zuordnen.

2.3.2. DAS SCHÄNERBERG - PROFIL

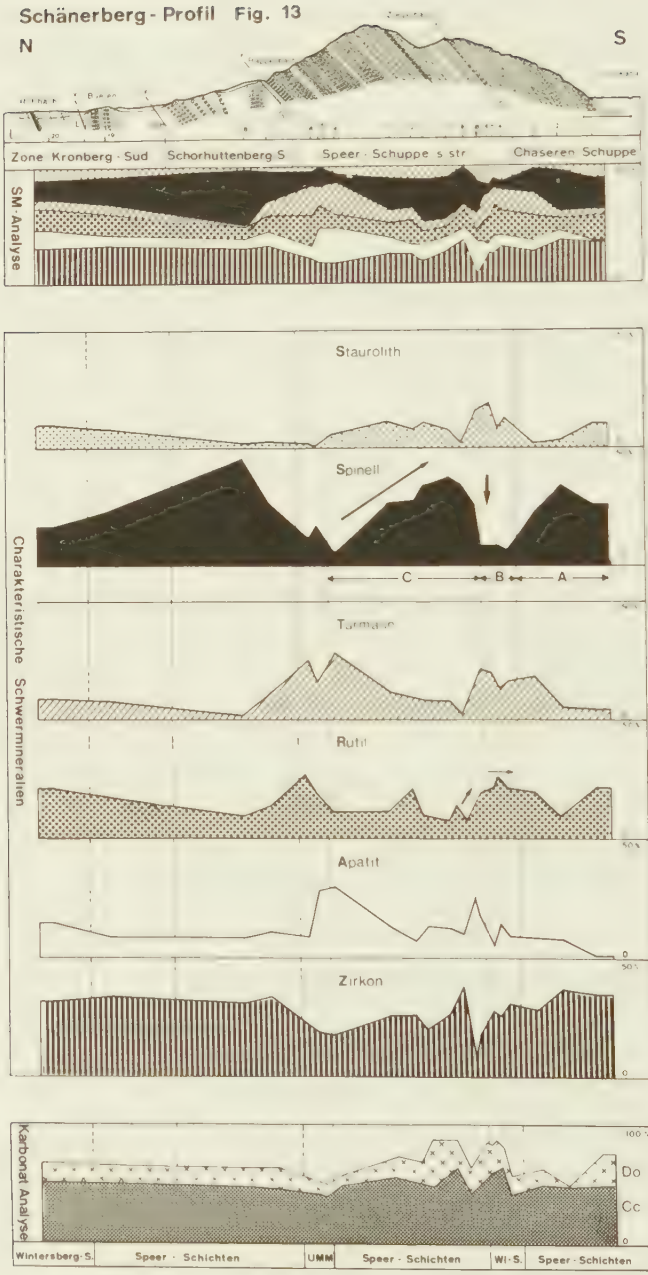
(Fig. 13)

Dieses Profil vermittelt einen Einblick in die SM- und Karbonatführung der Speerzone s.l. am Ostrand der Linthebene. Die Zone der Speer-Aufschiebung verläuft nach feldgeologischen Kriterien zwischen den Probestellen L 16 und L 17, was schwermineralogisch bestätigt werden kann.

Die Untere Meeresmolasse an der Basis der Speer-Schuppe s.str. (Abschnitt D) zeichnet sich auch in diesem Profil durch den hohen Apatit-(28%) und Turmalingehalt (bis 29%) aus. Die Aenderung im SM-Spektrum verglichen mit dem Referenz-Profil fällt jedoch nicht mit der konventionellen UMM/USM Grenze zusammen. Die untersten Speer-Schichten (L 14) tragen weiterhin das charakteristische SM-Bild der Horwer Sandsteine. Diese Tatsache bestätigen auch die calcimetrischen Untersuchungen.

In den fluviatilen Ablagerungen der Speerschuppe s.str. sind wiederum dieselben charakteristischen Trends bei Spinell, Rutil, Apatit und Granat erkennbar, wie sie im Referenz-Profil

Schänerberg - Profil Fig. 13



der Schorhüttenberg-Schuppe beschrieben wurden. Spinell klettert in Abschnitt C auf 37%, während die Rutil-Gruppe konstante Werte unter 20% aufweist und Granat die 55%-Grenze nie übersteigt. Dieser Abschnitt trägt die typische SM-Assoziation der Speer-Schichten. Interessant ist dabei, dass diese Serie dieselbe Mächtigkeit von 1350m aufweist, wie jene der externer liegenden Schorhüttenberg-Schuppe. Diese Tatsache bestätigt einerseits die flache Topographie des aktiven Speer-SF im proximalen Teil und anderseits das Versiegen der spinellreichen penninischen Flyschserien in der distributiven Provinz oder die Erschliessung zusätzlicher metamorpher Gesteinsformationen. Der Uebergang in den Abschnitt B manifestiert sich durch den zu erwartenden Spinell-Einbruch (10%), während die Rutil-Gruppe auf über 20% ansteigt und Granat um 60% herum pendelt. Diese Sequenz ist minimal 300m mächtig und weist das typische SM-Spektrum der Wintersberg-Schichten auf. In der Calcimetrie kann ebenfalls die steigende Tendenz des Dolomites in stratigraphisch höhere Schichten bestätigt werden.

Zwischen den Probenstellen L 3 und L 4 muss nach sedimentpetrographischen Kriterien eine Aufschiebung postuliert werden, da das SM-Spektrum in Abschnitt A mittlere und obere Speer-Schichten anzeigt. Die Zone der Chäseren-Aufschiebung ist im Felde E des Bahnhof Ziegelbrücke sichtbar, indem Nagelfluhfetzen in zusammengeschobenen, von Störungen durchsetzten Mergeln beobachtet werden können. Die sonst kaum tektonisch beanspruchten NF-Bänke sind hier stark zerklüftet und die Geröllkomponenten sind oft messerscharf entzweigeschnitten mit Verschiebungsbeträgen von mehreren Zentimetern. Wegen der Quartärbedeckung am Südhang des Schänerberges kann der weitere Verlauf dieser Zone gegen Osten schlecht verfolgt werden.

Die Schorhüttenberg-Schuppe ist von zahlreichen Schubflächen durchsetzt. Auch hier verwehrt die Quartärbedeckung eine klare Darstellung der tektonischen Verhältnisse. Die Proben L 17 und L 18 widerspiegelt die Komplexität der Tektonik sehr deutlich. Mittlere Speer-Schichten liegen auf oberen Speerschichten, und die Wintersberg-Serie scheint zu fehlen.

Die SM-Führung der Kronbergzone-Süd (HABICHT) bestätigt die im Felde nachweisbare senkrechte bis überkippte Lagerung. Während sich der südliche, sandsteinreiche Teil aus (mittleren) Speer-Schichten aufbaut, muss der nördliche, nagelfluhreiche Abschnitt mit einer Probe aus dem Kohlenbergwerk RUFI in die Wintersberg-Schichten eingereiht werden. Der weitere Verlauf der die Zone Kronberg-Süd begrenzenden Schubflächen nach Westen wird im Profil'Stockberg - Siebnen' diskutiert.

2.3.3. DAS HIRZLI - PROFIL

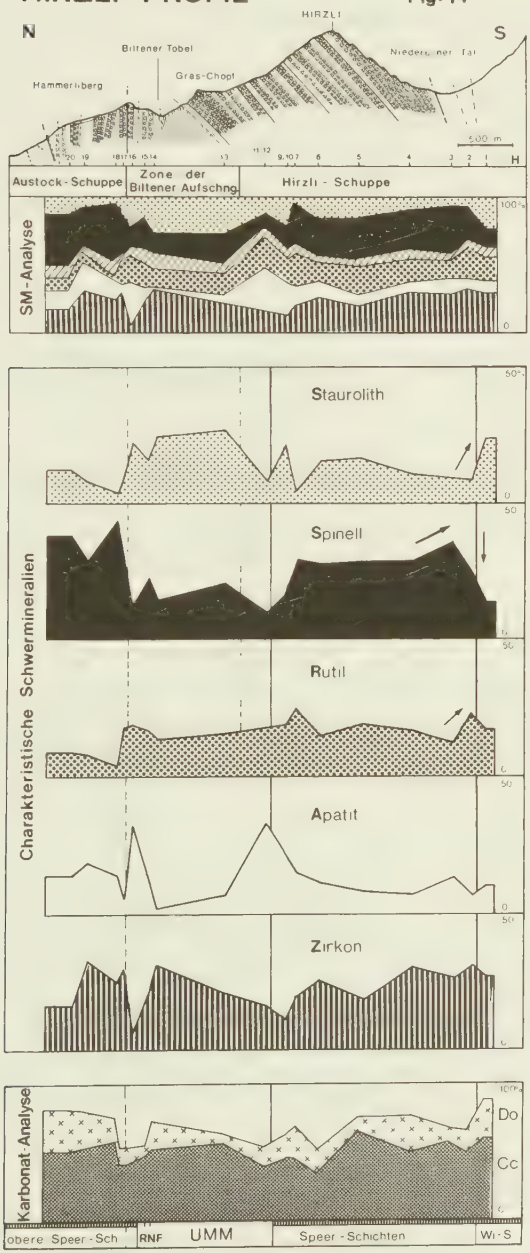
(Fig. 14)

Dieses Profil klärt die tektonischen Verhältnisse der ursprünglichen Biltener Antiklinale.
Die neu definierte Hirzli-Schuppe wird beherrscht durch eine Spinell-Vormacht mit steigender Tendenz bis in die obersten Speer-Schichten. Die Probe H 2 leitet in die Wintersberg-Serie über. Der Spinell-Einbruch tritt auch am Hirzli nach 1350 m von der Basis der USM ein, welcher durch die Probe H 1 dokumentiert ist.Der Grenzbereich UMM/USM (Proben H 12,11,10,9) ist wiederum geprägt durch eine Apatit-(Staurolith)-Vorherrschaft. Die Uebereinstimmung mit dem'Schänerberg- und Austock-Profil' ist nicht zu übersehen.

Die Hirzli-Schuppe entspricht dem ursprünglichen Südschenkel der Biltener Antiklinale und ist das westliche Aequivalent der

HIRZLI - PROFIL

Fig. 14



Speer-Schuppe s.str.. Die Abtrennung der Hirzli-Schuppe von der Speer-Schuppe s.str. beruht allein auf tektogenetischen Ueberlegungen.

Fig. 15: Sedimentpetrographischer Vergleich von Speer-Schuppe s.str. und Hirzli-Schuppe (ohne UMM)

MITTELWERTE IN %	SPEER-SCHUPPE		HIRZLI-SCH.
	PROFIL		
	Speer	Schänis	Hirzli
	▲ ← 5 km →	■ ← 3 km →	▲
Zirkon	24	24	23
Apatit	12	14	13
Rutil	15	16	17
Turmalin	10	13	9
Spinell	26	22	22
Staurolith	12	11	16
Kalzit	[illegible]	[illegible]	50
Dolomit	21	23	18

Die SM-Führung der Speer- und Hirzli-Schuppe ist identisch. Die laterale Konstanz von über 8km bestätigt die Umlagerung aus der gleichen distributiven Provinz. Lokale Unterschiede in der SM-Führung können mit einer temporären grösseren Aktivität bestimmter Regionen des Liefergebietes begründet werden, was aber das Mittelwerts-Spektrum der ganzen Schuppe nur unwesentlich zu beeinflussen vermag.

In der Karbonatführung der Hirzli-Schuppe fällt der geringere Dolomit-Gehalt gegenüber äquivalenten Schichten in der Speer-Schuppe s.str. auf. Offenbar standen die Schuttfächerteile östlich der Linthebene vermehrt im Einflussbereich von Geröllschüttungen ostalpiner oder südpenninischer Provenienz. Dies bestätigen auch die Geröllzählungen von HABICHT(1945a) und MUELLER (1971), indem eine Zunahme der Dolomitgerölle gegen E konstatiert werden kann. Dünnschliff-Untersuchungen an Sandsteinen zeigen die gleiche Trend-Entwicklung der gut gerundeten Dolomit-Komponenten an.

Die Zone der Biltener Aufschiebung verläuft in den Mergeln der UMM des Biltener Tobels, welche Spuren intensiver differentieller Bewegungen zeigen. Sedimentpetrographisch sind die untersuchten Proben in die oberen Grisiger Mergel (H 14 und 15) und in die untersten Speer-Schichten (H 16) zu stellen. Die Horwer Sandsteine fehlen offenbar an der linken Talflanke, was wiederum auf das Vorhandensein einer weiteren internen Schubfläche schliessen lässt. Ein markanter Wechsel im SM-Spektrum muss zwischen den Lokationen H 16 und H 17 registriert werden:

- Dominanz von Spinell mit Durchschnittswerten von 35%
- beträchtliche Reduktion des Apatit- und Staurolithgehaltes.

Diese typische SM-Zusammensetzung des nördlichen Profil-Abschnittes tragen nur die oberen Speer-Schichten.

Fig. 16: Sedimentpetrographischer Vergleich

obere Speer-Schichten	SCHWERMINERALIEN							KARBONAT		
	G	Z	A	R	T	S'	S	C*	Do	C/D
MITTELWERT der 4 Proben aus dem ursprünglichen Nord-Schenkel der "Biltener Antiklinale"	44	26	13	10	7	35	9	75	22	2.4
REFERENZ - PROFIL Schorhüttenberg - Schuppe	41	17	14	15	7	36	11	75	30	1.5

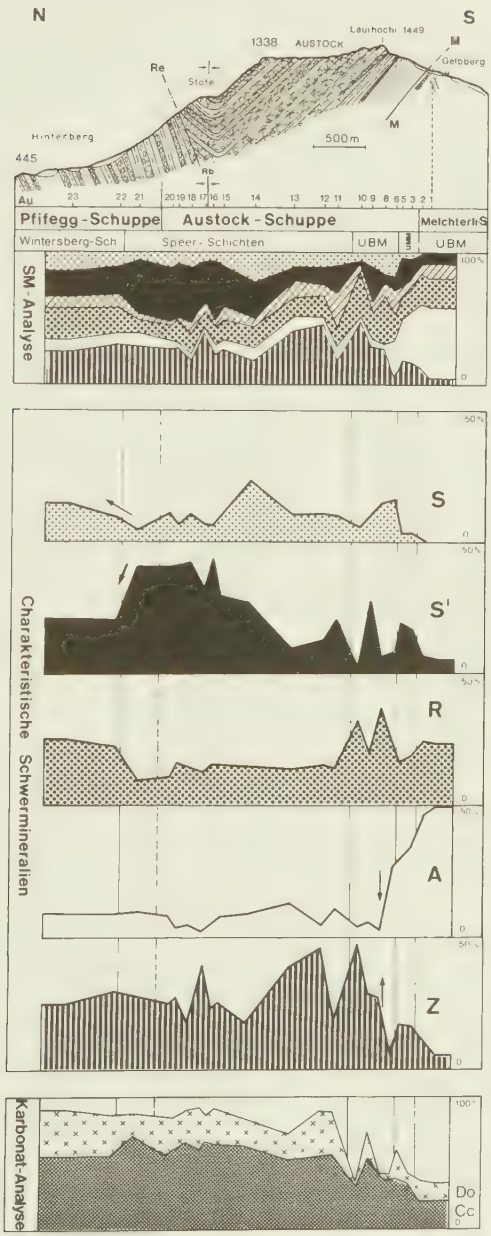
Diese Tatsache, dass basale Nagelfluhen der USM (H 16) mit horwerähnlichem SM-Bild tektonisch mit oberen Speer-Schichten in Kontakt stehen, kann nur durch die Existenz von Antiklinal-Längsscheitelbrüchen begründet werden. Der minimale Aufschiebungsbetrag der Hirzli-Schuppe beträgt unter der Annahme einer relativ steilen Aufschiebungsfläche 800 m.

2.3.4. DAS AUSTOCK - PROFIL

(Fig. 17)

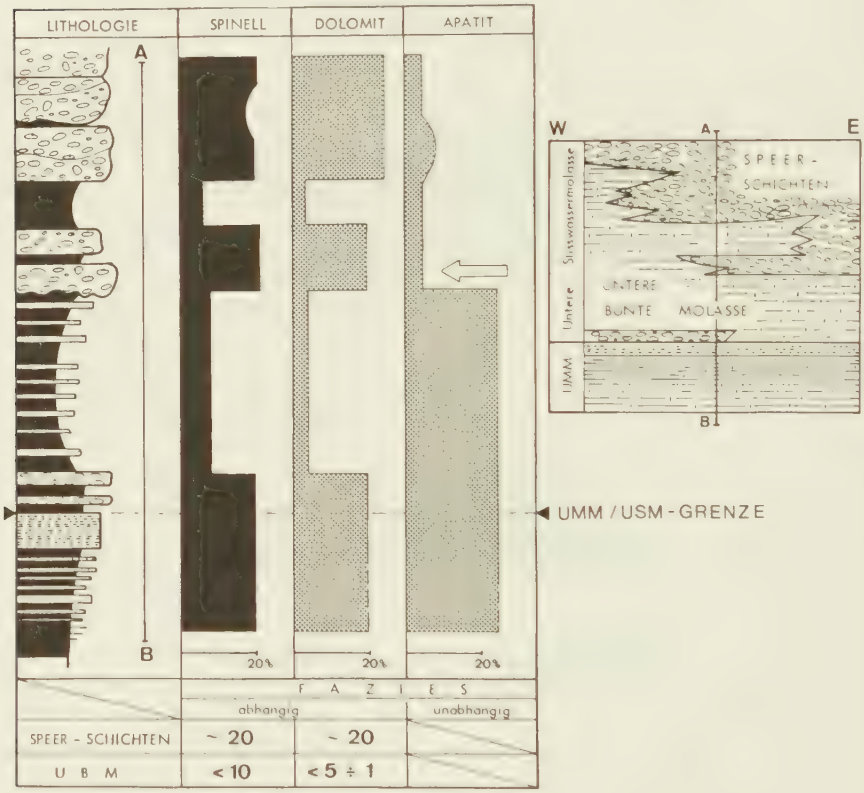
Dieses Profil liegt im westlichen Marginalbereich des Speer-Schuttfächers. Im Felde manifestiert sich dies durch einen lateralen Fazieswechsel der konglomeratreichen unteren Speer-Schichten in die vorwiegend mergelige Fazies der Unteren Bunten Molasse(UBM). Dieser Fazieswechsel hat auch eine Aenderung in der Schwermineral- und Karbonatführung zur Folge. In der UBM tritt Spinell nur noch als Nebengemengteil auf, während die konglomeratische Fazies die charakteristischen 20% aufweist. Staurolith verhält sich komplementär zu Spinell. Ein weiteres diagnostisches Merkmal ist der geringe Dolomit-Anteil (<5%), im Gegensatz zu den Speer-Schichten mit einem Durchschnittswert von 20%. Apatit als Charakter-Mineral der Unteren Meeresmolasse und

AUSTOCK - PROFIL Fig. 17



z.T. der unteren Speer-Schichten ist jedoch faziesunabhängig.

Fig. 18: Sedimentpetrographischer Vergleich:
Untere Speer-Schichten / Untere Bunte Molasse



Die Faziesabhängigkeit von Spinell kann nur in den untersten Speer-Schichten beobachtet werden und hat keinen Einfluss auf die charakteristischen Trends der Schwermineralien (Spinell eingeschlossen) und der Karbonate in der über 2200 m mächtigen Speer-Schüttung.

Eine mögliche Erklärung dieses Phänomens zeigen die folgenden Varianten auf:

1 Die UBM ist als "Overbank"-Fazies der Speer-Schichten zu betrachten, in der die Spinellarmut durch Verdünnung und Korngrösseneffekte zustande kommt.

2 Die UBM repräsentiert eine ältere spinellarme Ablagerung, in die sich die konglomeratführenden, spinellreichen Flüsse der Speer-Schüttung später einfrassen.

3 Die UBM ist das Produkt von 1 und 2 , d.h. die UBM ist eine ältere spinellarme Schüttung und liegt als "Overbank"-Fazies bereits auf sekundärer Lagerstätte. Indizien liefern die zahlreich auftretenden Kalk-Konkretionen ("Caliche-Knollen"), welche aufgrund der in Spalten eingeschlossenen Foraminiferen nicht autochthoner Natur sein können (vgl. FREI 1976:76-79)

4 In der UBM fand eine postdepositale Veränderung statt.

Im allgemeinen kann in der nach N einfallenden Austock-Schuppe und der noch externer liegenden Pfifegg-Schuppe eine analoge Trend-Entwicklung wie im REFERENZ-PROFIL bei Spinell, Rutil, Apatit, Staurolith und in der Karbonatführung bestätigt werden. Die Austock-Schuppe baut sich nebst UMM an der Basis aus Speer-Schichten auf, welche im obersten Teil konstante Spinellwerte von über 40% aufweisen. An akzessorischen Mineralien scheint Titanit ein Durchläufer zu sein, während Glaukophan nur in den obersten Speer-Schichten beobachtet werden kann.

Die von früheren Untersuchungen her beschriebene "Synklinale von Rueberggschwänd" kann auch sedimentpetrographisch nachgewiesen werden, indem die Apatit- und Spinellwerte gegen die Achse hin, d.h. in stratigraphisch höhere Schichten, abnehmen. Die Achse dieser synklinalen Schleppung muss daher in unmittelbarer

Nähe der Lokation Au 17 liegen.

Die im Felde schwer lokalisierbare Rempen-Aufschiebung kann auch mit sedimentpetrographischen Untersuchungsmethoden nicht nachgewiesen werden. Diese offenbar bedeutungsvolle Aufschiebung (vgl. OCHSNER 1935, HABICHT 1945b) liegt inmitten der oberen Speer-Schichten.

N der Rempen-Aufschiebung können durch den charakteristischen Spinellsturz und den gleichzeitigen Anstieg von Rutil und Dolomit die Wintersberg-Schichten klar identifiziert werden. Da die Schichten der Pfifegg-Schuppe nach S einfallen, bestätigen die sedimentpetrographischen Ergebnisse die von HABICHT (1945b) im RUETIBACH festgestellte, leicht überkippte Lagerung der Nagelfluhbänke.

Interpretationsschwierigkeiten bereitet einzig das SM-Spektrum der beiden Proben Au 1 und Au 2, welche am GELBBERG in tektonischem Kontakt mit der UMM stehen. Die Gesamt-Analyse des Austock-Profils zeigt sehr schön, dass diese Schichten mit einem Apatit-Mittelwert von 50%, ohne Staurolith und wenig Spinell (6%) keiner lithostratigraphischen Einheit des Speer-Schuttfächers zugeordnet werden können ausser den Basis-Nagelfluhen der USM oder noch tieferen stratigraphischen Einheiten wie der Unteren Meeresmolasse oder des Flysches. Vergleiche mit den im S anstehenden penninischen Flyschen bestätigen zwar diese Apatitvorherrschaft von 50% und das Fehlen von Staurolith, doch dürfte die Absenz von Dolomit und Spinell ebenso gegen eine Zugehörigkeit zu diesen Ablagerungen sprechen. Auch die nordhelvetischen Flysche kommen wegen ihres Dolomit-Mangels nicht in Frage, obwohl die SM-Führung durchaus vergleichbar ist.
Gegen eine Zuordnung von Au 1/2 zum Uebergangsbereich der UMM/USM spricht allein der um 15% niedrigere Apatitgehalt.Doch Vergleiche mit interneren Schuppenteilen zeigen, dass die Basis-Nagel-

fluhen die gleiche SM-Assoziation aufweisen wie die Horwer Sandsteine.

Fig. 19: Sedimentpetrographischer Vergleich
Horwer Sandsteine (CHATZENRUGGEN/TREPSENBACH) / Basis Untere Süsswassermolasse (Au 1/2)

		SM - FORMEL	C*	Do
BASIS-NAGELFLUH	USM	g, ARZTS'	35	14
HORWER SANDSTEINE	UMM	g, ARZTS'	46	11

Diese beiden Schichten müssen ungefähr in äquivalenter paläogeographischer Stellung abgelagert worden sein, da in beiden Staurolith noch fehlt.
Somit gehören diese Nagelfluhen zur Melchterli-Schuppe. Die Aufschiebung dürfte unmittelbar nördlich der Lokation Au 2 liegen, d.h. etwas N als von OCHSNER (1969) auf der geologischen Karte bei GELBBERG 1199 angenommen wurde.
Der westliche Teil des ursprünglichen Südschenkels der Biltener Antiklinale ist auch in diesem Gebiet als Melchterli-Schuppe in einer letzten Dislokationsphase auf den Mergeln der UMM nach N gepresst worden,was die Existenz von Scheitelbrüchen bestätigt. Die Verstellungsbeträge sind jedoch bedeutend kleiner als im Biltener Tobel. Die geringe, sichtbare Mächtigkeit der Melchterli-Schuppe im Austock-Profil beruht auf dem beginnenden Fazieswechsel in den unteren Speer-Schichten. Mit Ausnahme der Basis-Nagelfluhen baut sich die Melchterli-Schuppe aus Mergeln und Sandsteinen auf, welche vermutlich kurz nach ihrer Ablagerung wieder erodiert wurden. In diese Erosionsnische kamen dann während der nach N fortschreitenden Alpenfaltung die N-penninischen bis ultrahelvetischen Flysche zu liegen, welche heute durch eine sehr aussergewöhnliche Nord-Exposition auffallen.

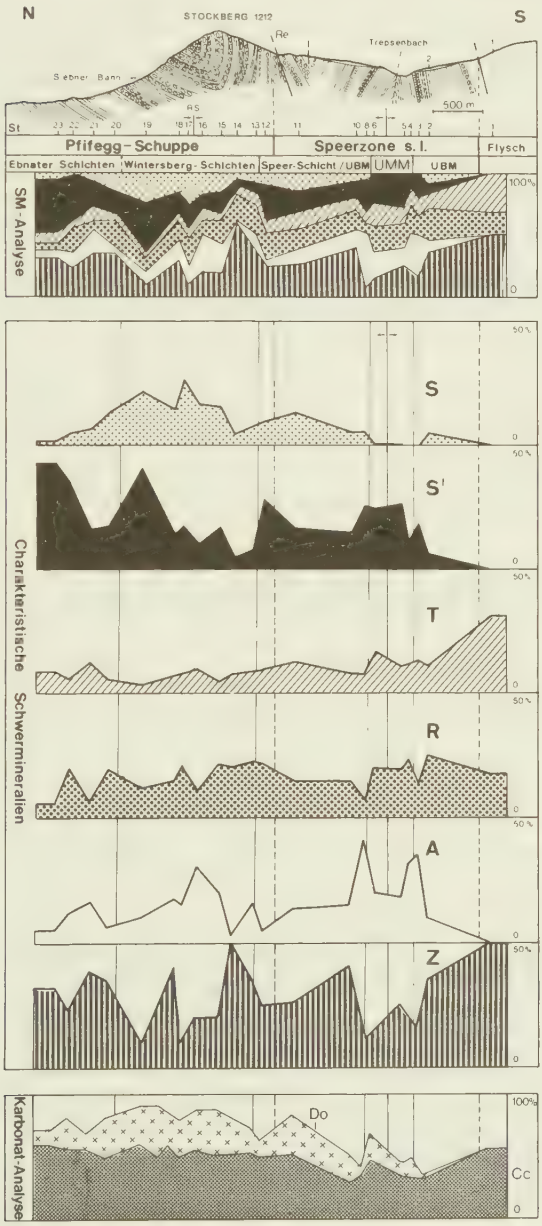
2.3.5. STOCKBERG - SIEBNEN - PROFIL

(Fig. 20)

Im westlichsten Profil des Untersuchungsgebietes sind die Speer-Schichten der Speerzone s.l. in der rötlichen Fazies der Unteren Bunten Molasse ausgebildet, gegen oben schieben sich vermehrt Konglomeratbänke ein.
Der Spinell ist vermutlich infolge besserer Durchmischung (einheitlicher Faziestyp) nicht mehr faziesabhängig. Seine Werte sind vergleichbar mit jenen aus zentraleren Schuttfächerteilen.
Die sedimentpetrographischen Daten der UMM im TREPSENBACH liefern die besten Indizien für die Existenz einer einst vorhandenen Biltener Antiklinale. Diese im Kern der Antiform der Speerzone s.l. liegenden Sedimente weisen eine symmetrische Trend-Entwicklung auf. Bemerkenswert ist wiederum,dass die untersten 5o - 100 m der Unteren Bunten Molasse das gleiche SM-Spektrum aufweisen wie die stratigraphisch tieferen Horwer Sandsteine der UMM (Apatit-Reichtum).
Die südlichste Probe des Profils dokumentiert ihre Zugehörigkeit zum Flysch, welche eine Zirkon-Turmalin-Rutil-Assoziation aufweist. Spinell,Staurolith und Apatit fehlen.
Die Zone der Rempen-Aufschiebung verläuft auch am STOCKBERG-Südhang innerhalb der Speer-Serie und kann im Felde nur anhand verschiedener Fallwinkel grob abgesteckt werden.

Die Pfifegg-Schuppe kann lithologisch mit dem südlichen Teil der Kronbergzone s.l., genauer mit der Zone von Ebnat-Kappel und der Zone Kronberg-Süd, verglichen werden. Auch sedimentpetrographisch ist eine Uebereinstimmung nicht zu übersehen.
So müssen die im Kern der "Reichenburger Synklinale" liegenden Konglomerate mit ihrem niedrigen Spinellgehalt (<20%), Staurolith als Hauptgemengteil(15-25%) und dem Dolomit-Durchschnittswert

STOCKBERG-SIEBNEN PROFIL Fig. 20



von 30% als Wintersberg-Schichten interpretiert werden. Mit grösserer Entfernung von der Achse dieser synklinalen Umbiegung steigen die Spinellwerte wieder frappant an(vgl. St 12, St 22,23), und Staurolith muss sich mit der üblichen Rolle als Nebengemengteil begnügen. Diese Trend-Entwicklung bestätigt den Uebergang in die oberen Speer- bzw. Ebnater Schichten. Die sedimentpetrographischen Daten liefern daher ein weiteres Indiz, dass die im aufgerichteten Südschenkel diagnostizierten(oberen) Speer-Schichten ein distaleres,sandstein- und mergelreiches Aequivalent in Form der von HABICHT(1945a) lithofaziell definierten Ebnater Schichten haben(St 22,23).

Durch Vergleiche der lithostratigraphischen Verhältnisse im östlichen und westlichen Linthgebiet muss das aufgestülpte Südende der Pfifegg-Schuppe der Kronbergzone-Süd entsprechen. Somit dürfte die Fortsetzung der Achse der"Reichenburger Synklinale" nach E nur noch in der Tanzboden-Aufschiebung zu suchen sein,während der Verlauf der Rempen-Aufschiebung ostwärts in der Schorhüttenberg- oder Löwenberg-Aufschiebung zu vermuten ist.

2.3.6. DAS THUR - PROFIL

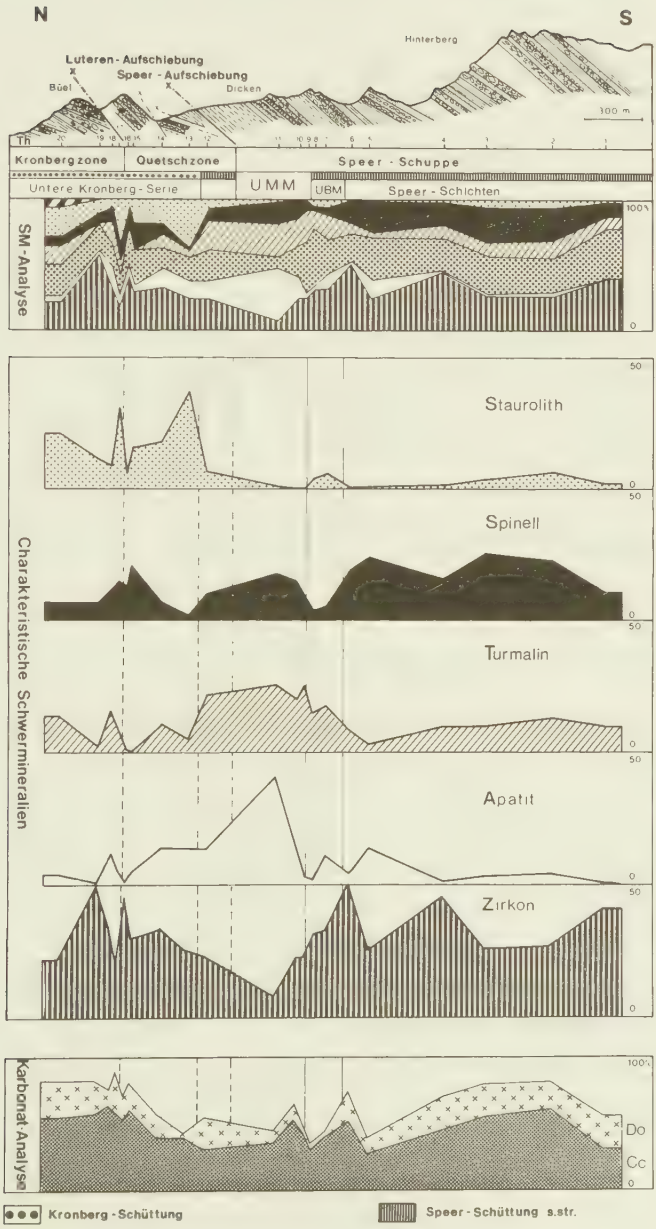
(Fig. 21)

Dieses Profil gibt Einblick in die tektonischen Verhältnisse der Speerzone s.l. und der Kronbergzone s.str. im östlichen Speer-Gebiet und wurde an der Strasse NESSLAU - STEIN aufgenommen.

Die Speer-Schichten sind nach wie vor an ihrem Spinell-Reichtum erkennbar (20% und mehr), obwohl die progressive Trend-Entwicklung bis ins Dach der Speer-Serie am östlichen Schuttfächerrand nicht mehr so manifest beobachtet werden kann wie im Schuttfächer-Zentrum und im westlichen Marginalbereich. Eine Unterteilung

THUR - PROFIL

Fig. 21



der Speer-Schichten wird gegen E deshalb zunehmend schwieriger, weil die Aktivität des Stockberg-Schuttfächers mit einer anderen distributiven Provinz die SM-Führung zu beeinflussen beginnt. Doch dem Spinell muss nach wie vor innerhalb des Speer-Schuttfächers lithostratigraphischer Leitwert attestiert werden.

Von der Lokalität Th 7 gegen N beginnen die Zirkon- und Spinell-Werte evident abzunehmen,Apatit und Turmalin steigen an und erreichen ähnliche Werte wie sie für den Grenzbereich der UMM/USM charakteristisch sind. Auch der Dolomitgehalt sinkt stark und pendelt um die 5%-Grenze herum. Dieses Spektrum ist dem sandig-mergeligen Aequivalent der Speer-Schichten, der UBM, eigen und ist bereits aus dem'Austock-Profil' bekannt (Au 6-10).

Durch die Apatit- und Turmalin-Vorherrschaft in der UMM kann eine laterale Konstanz dieser typischen SM-Assoziation innerhalb der Speer-Schuppe ein weiteres Mal bestätigt werden.

N der Speer-Aufschiebung zeigen die Schichten der Quetschzone einen auffallend hohen Staurolith-Gehalt von 37%,welcher gegen die Luteren-Aufschiebung absteigende Tendenz aufweist. Aehnlich verhalten sich Turmalin und Apatit. Zirkon und Spinell zeigen komplementäre Tendenz. Der unregelmässige Verlauf der Kalzit- und Dolomitkurven deuten in auffallender Weise auf die internen Störungen hin. Die Quetschzone(Kronberg-Süd) enthält - im Gegensatz zu HABICHTS Interpretation - Fragmente aus zwei Schuttfächern. Die Proben Th 13-16 weisen auf die Herkunft aus der Kronberg-Schüttung hin. Die SM-Probe Th 12 entspricht nach feldgeologischen Kriterien sowie in der SM-Führung einem verkehrtliegenden Paket aus der Speer-Schüttung.

N der Luteren-Aufschiebung fällt in den Ennetbüeler Schichten eine sehr inhomogene SM-Führung auf. Die Ursache liegt in einer auch im Felde nachweisbaren Lokalschüttung mit eingelagerten Riesengeröllen aus dem Flysch und bereits umgelagertem Material aus stratigraphisch tieferen Schichten.

2.3.7. DAS STOCKNEREGG - PROFIL

(Fig. 22)

Dieses Profil liegt 2 km weiter im Osten als das soeben besprochene und analysiert die gleichen tektonischen Einheiten.

Die SM-Führung der Kronbergzone s.str. ist gekennzeichnet durch Apatit und Staurolith, jenen Schwermineralien, welche in der Speer-Schüttung nie eine signifikante Bedeutung erlangten. Nebst diesen beiden Charakter-Mineralien der unteren Kronberg-Serie (Kronberg-Schüttung) tritt Spinell sporadisch in beträchtlicher Menge auf, was ohne Zweifel auf Umlagerung aus stratigraphisch tieferem Speer-Material schliessen lässt(EG 19-17).

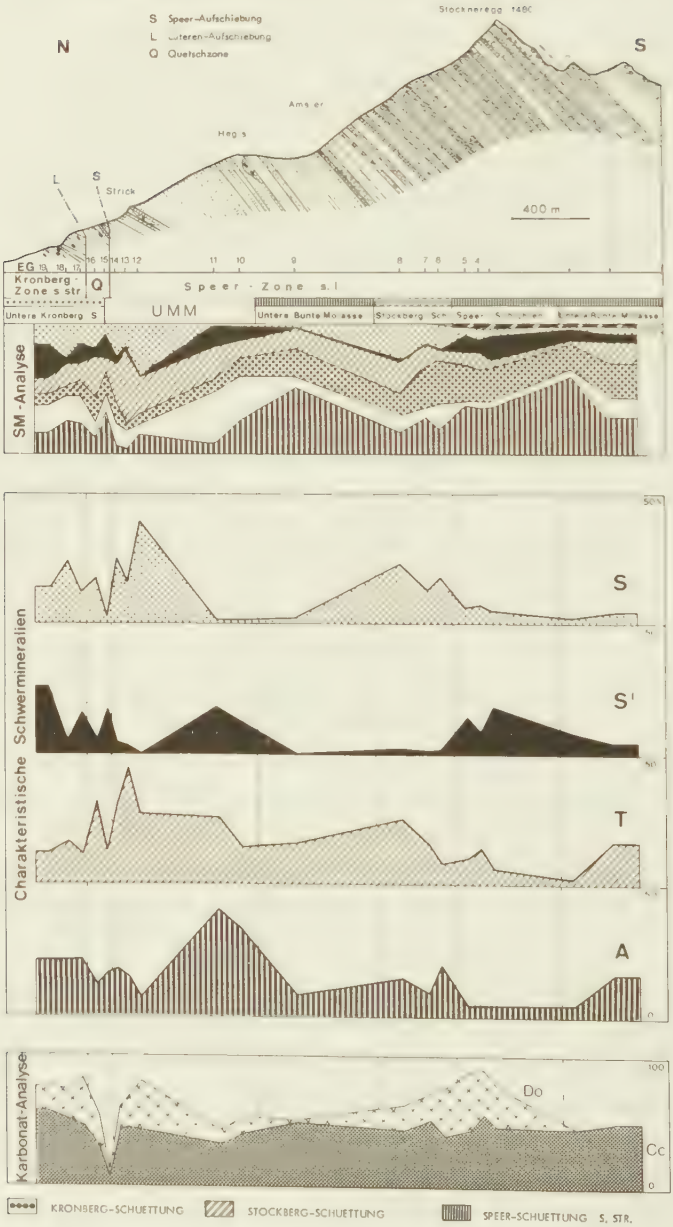
Die Quetschzone selbst zeigt ein sehr inhomogenes SM-Bild und einen unregelmässigen Verlauf der Karbonatkurven. Sie besteht in der Gegend von STRICK aus stark tektonisierten und verkeilten Rietbad-Sandsteinen (UMM) mit Nagelfluhen nicht lokalisierbarer Herkunft(? Ennetbüeler Schichten).

Die Dominanz von Staurolith und Turmalin an der Basis der UMM geht durch das starke Aufkommen von Apatit in den stratigraphisch höher liegenden Grisiger Mergeln und Horwer Sandsteinen verloren. Die zunehmende Trend-Entwicklung von Spinell, Zirkon und Rutil, welche in den Rietbad-Schichten noch als Nebengemengteile auftreten, künden ebenfalls eine Umlagerung der distributiven Provinz an. Sedimentpetrographisch kann also das Versiegen des Material-Transportes aus einem metamorphen Liefergebiet und die zunehmende Sedimentzufuhr aus zirkon- und spinellreichen Flyschen in der UMM einzigartig beobachtet werden.

Die Probe EG 9 aus der Unteren Bunten Molasse trägt das typische SM-Spektrum der rötlichen Randfazies der Speer-Schüttung(vgl. Rietbad- und Austock-Profil). Erwartungsgemäss beherrscht Zirkon mit 50% diese Serie, während Kalzit einziger Karbonatvertreter

Stockneregg-Profil

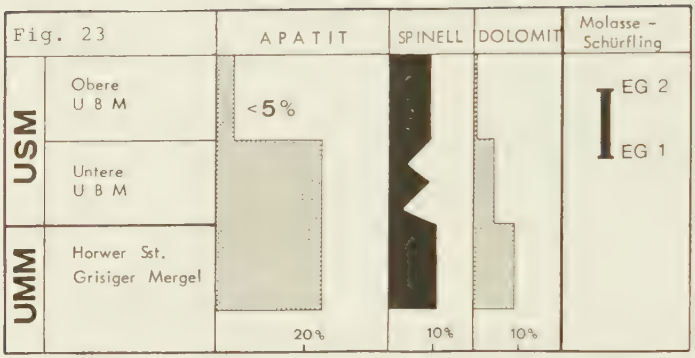
Fig. 22



bleibt. In den weiter oben einsetzenden Konglomeratbänken (EG 6, EG 7,8) sucht man vergebens nach den für die Speer-Schichten charakteristischen Trends. Anstatt einer Zirkon-Spinell-Rutil-Assoziation mit Staurolith und Apatit als Nebengemengteilen prägen gerade diese beiden letzten SM, nebst Rutil, diese 450 m mächtige Serie. Darüber findet wiederum ein markanter Wechsel im SM-Bild statt. Zirkon und Spinell nehmen sprunghaft um mehr als 10% zu, Apatit und Staurolith werden um dieselbe Menge reduziert und in die Rolle der Nebengemengteile verdrängt. Diese Sequenz mit den Lokationen EG 3,4,5 trägt nun wieder das für die Speer-Schüttung s.str. charakteristische Spektrum. Auf fallend ist jedoch der tiefere Spinell-Anteil am östlichen Schuttfächerrand verglichen mit den Spitzenwerten im zentralen- und westlichen Marginalbereich des Speer-Schuttfächers.
Der Spezial-Schuttfächer des STOCKBERG erhielt offenbar nochmals einen kräftigen Zustrom aus metamorphen und kristallinen Liefergebieten, bevor er in den sich ausbreitenden Speer-Schuttfächer vollständig integriert wurde und mehrheitlich oberostalpine- und Flysch-Geröllkomponenten schüttete(Abschnitt EG 3-5).

Mit EG 0-2 liegen wir im Kontaktbereich der Aufschiebung der Helvetischen Decken samt ihrer Flysch-Unterlage auf die Subalpine Molasse. Bemerkenswert ist dabei, dass die dolomitfreien Proben EG 1 und 2 ein SM-Spektrum aus dem Grenzbereich der UMM/USM aufweisen und auf (mittleren) Speer-Schichten liegen. HABICHT und HEIM haben bereits auf die Existenz von Molasse-Schürflingen im STOCKBERG-Gebiet hingewiesen. Die Profillinie schneidet ein solches verschürftes Element, das verkehrt liegen muss.

Fig. 23: Sedimentpetrographischer Vergleich:
Molasse-Schürfling / Untere Bunte Molasse



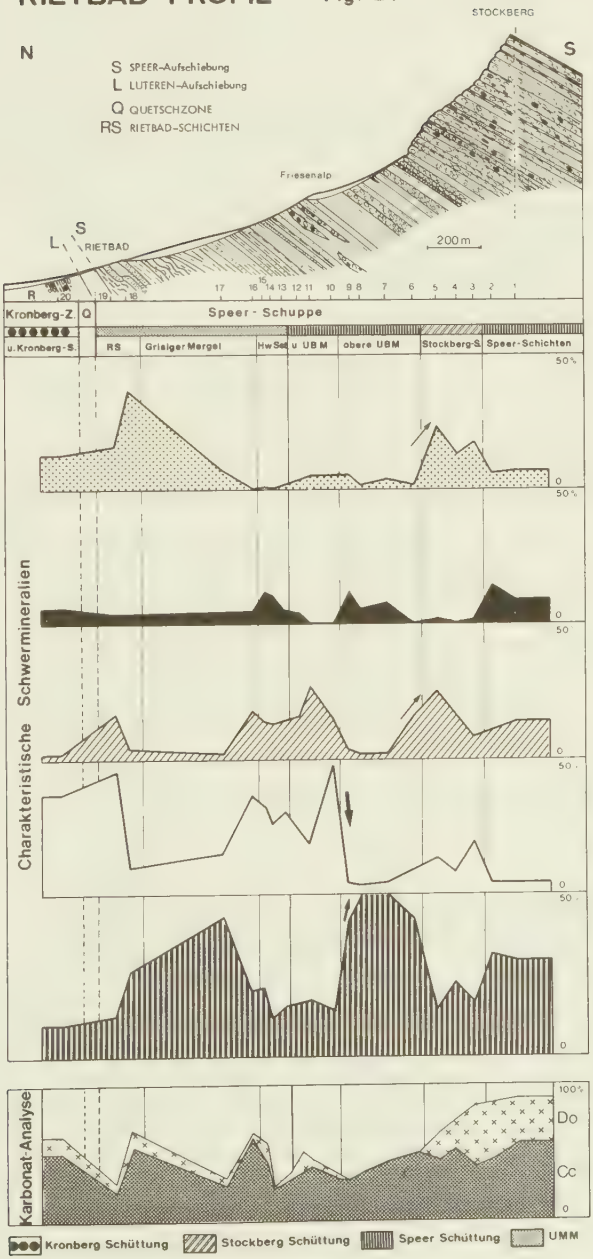
2.3.8. DAS RIETBAD-PROFIL

(Fig. 24)

Die Trend-Entwicklung und die sedimentpetrographische Charakterisierung der lithologischen Einheiten des Stockneregg-Profils finden im Rietbad-Profil eine Bestätigung.

In der Kronbergzone s.str. tritt erstmals Epidot als Hauptgemengteil auf und prägt zusammen mit Apatit die obere Kronberg-Serie(Kronberg-Schüttung, R 20).
Die Quetschzone liegt unter den Alluvionen der Rietbad-Ebene und kann nicht nachgewiesen werden. Ihre Mächtigkeit dürfte, wenn überhaupt noch vorhanden, sehr gering sein. Die SM-Führung der Rietbad-Schichten an der Basis der UMM weist auf die stärkere Beteiligung eines metamorphen Liefergebietes hin, dessen Einfluss in stratigraphisch höheren Schichten zunehmend schwächer wird.
Eine frappante SM-Aenderung findet inmitten der schuttfächerrandlichen Fazies der UBM statt. Während der untere Teil(R 10, R 11,12) mit kristallinführenden Rinnen-Nagelfluhen noch das

RIETBAD-PROFIL Fig. 24



Spektrum der Horwer Sandsteine führt (Apatit-Turmalin-Fraktion) trägt das Hangende (R 6,7,8) die charakteristische SM-Assoziation der randlichen Speer-Schichten-Aequivalente. Das Zusammenbrechen des Apatites und Turmalins innerhalb der UBM manifestiert deutlich eine Verlagerung der distributiven Provinz des Stockberg-Schuttfächers von der vorwiegend metamorph/kristallinen in eine zirkon- und spinellreichere, welche in erster Linie in Flysch-Gebieten zu suchen ist. Somit können wir den oberen Teil der Unteren Bunten Molasse mit den Lokationen R 9,8,7,6) der Speer-Schüttung s.str. zuordnen.
Auch die im Stockneregg-Profil festgestellte Aenderung in der SM-Führung im Niveau der Speer-Schichten kann in der NW-Wand des STOCKBERG nachgewiesen werden. Offenbar wurde die Schuttlieferung aus Flyschgebieten für einige tausend Jahre unterbunden, was der geringe Spinellanteil(2%) auch bestätigt.
Ich möchte diese Konglomerat-Schüttung innerhalb des Stockberg-Schuttfächers mit dieser Rutil-Zirkon-Turmalin-Staurolith-Apatit-Fraktion als Stockberg-Schüttung bezeichnen.
Die Gipfel-Region des STOCKBERG baut sich wiederum aus Nagelfluhen auf, welche der Speer-Schüttung zuzuordnen sind.

Calcimetrisch fällt auf, dass die Speer-Stockberg-Schüttung s.l. an ihrem hohen Dolomitanteil identifiziert werden kann, im Gegensatz zu stratigraphisch tieferen Einheiten.

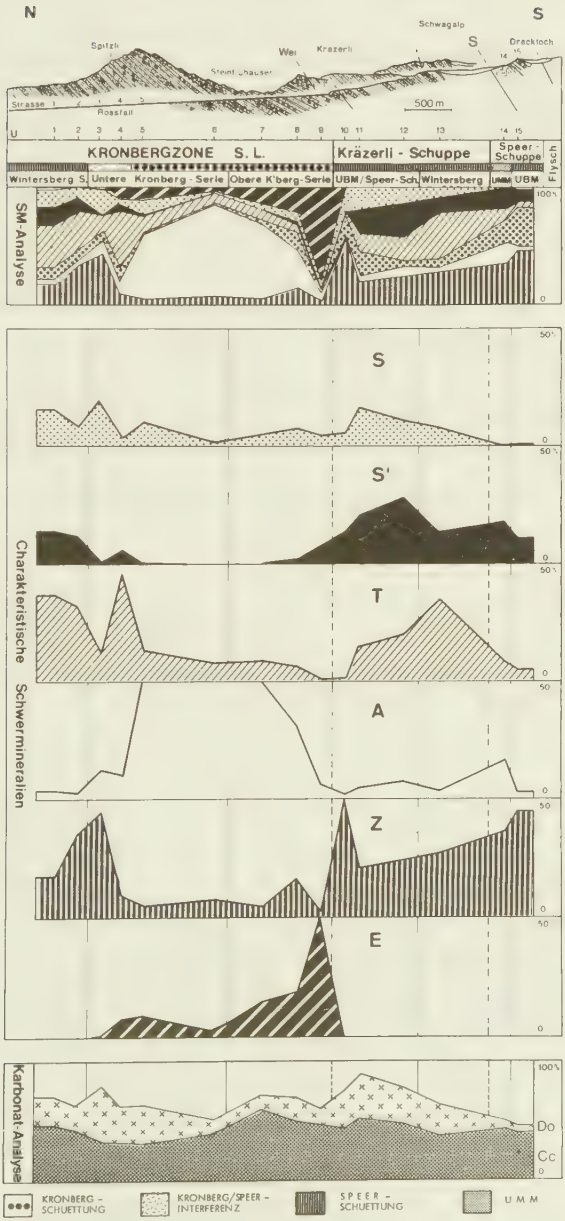
2.3.9. DAS URNÄSCH - PROFIL

(Fig. 25)

Das Urnäsch-Profil liegt am Ostrande des Untersuchungsgebietes und wurde an der Strasse URNAESCH - SCHWAEGALP aufgenommen.

Die Kronbergzone s.l. umfasst 2 Schüttungsbereiche. Mit einem Spinellanteil von 14% und hohen Zirkonwerten von über 30%

URNAESCH - PROFIL Fig. 25



dokumentieren die nördlichsten Proben U 1 und 2 ihre Zugehörigkeit zu den Wintersberg-Schichten.Auffallend ist auch der hohe Turmalingehalt in den höchsten Ablagerungen des Speer-Schuttfächers, der E der THUR Durchschnittswerte von über 30% erreicht. Der Uebergang in die Kronberg-Schüttung zeichnet sich nicht durch einen schlagartigen Wechsel in der SM-Führung aus, sondern erfolgt kontinuierlich. Die Werte der einzelnen SM oszillieren stark und weisen alternierend jeweils auf die Dominanz einer der beiden Schüttungen hin (vgl. U 3,4). Ein Hiatus zwischen Speer- und Kronberg-Schüttung kann somit nicht nachgewiesen werden. Mit der Lokation U 5 befinden wir uns nun vollends im Einflussbereich der Kronberg-Schüttung. Spinell,Zirkon, Turmalin und Granat verlieren ihre Dominanz und treten vorderhand nur noch als Nebengemengteile oder gar als Begleitmineralien auf, während Apatit und neu Epidot das SM-Spektrum der kristallinführenden Kronberg-Schüttung prägen. Bemerkenswert ist vor allem die Apatit-Vorherrschaft in der Unteren Kronberg-Serie, welche Werte bis zu 78% aufzuweisen vermag (U 5,6).

Im oberen Teil der Kronberg-Schüttung wird Epidot zum Leitmineral, dessen Werte zu 80% das SM-Spektrum der Pfingstboden-Schichten bestimmen. Apatit und Epidot verhalten sich in diesem Bereich der Kronberg-Schüttung komplementär, ausgenommen im Interferenzbereich mit der Speer-Schüttung s.l..

In der Calcimetrie kann ein abnehmender Trend im Dolomitgehalt konstatiert werden (U 3-9), während bei Kalzit eine Zunahme zu registrieren ist.

Zwischen den Lokationen U 9 und 10 muss die Weissbach-Aufschiebung liegen. S davon beherrschen wiederum Spinell und Zirkon, die Charakter-Mineralien der Speer-Schüttung,das Spektrum. Die Trends dieser SM in der Kräzerli-Schuppe sind identisch mit jenen aus dem REFERENZ-PROFIL. So diagnostiziert die SM-Fraktion

der Lokation U 10 obere UBM und jene von U 11 und 12 Speer-Schichten. Der Anstieg von Turmalin auf über 30% und die fallende Tendenz von Spinell in stratigraphisch höhere Schichten (U13) dokumentieren Wintersberg-Schichten. Ein Vergleich mit den nördlichen Proben dieses Profils kann nicht übersehen werden. Der östliche Zipfel der Speer-Schuppe s.str. ist nur noch durch obere Grisiger Mergel und Untere Bunte Molasse vertreten (U 14,15).
Der Einfluss der Stockberg-Schüttung(vgl.Rietbad-Profil, Stockneregg-Profil) gegen E kann nicht weiter abgeklärt werden. Die Randfazies der Speer-Schüttung, die UBM, liegt in tektonischem Kontakt mit Subalpinem Flysch, dessen SM-Spektrum wegen der starken Vererzung ebenfalls nicht ermittelt werden konnte.

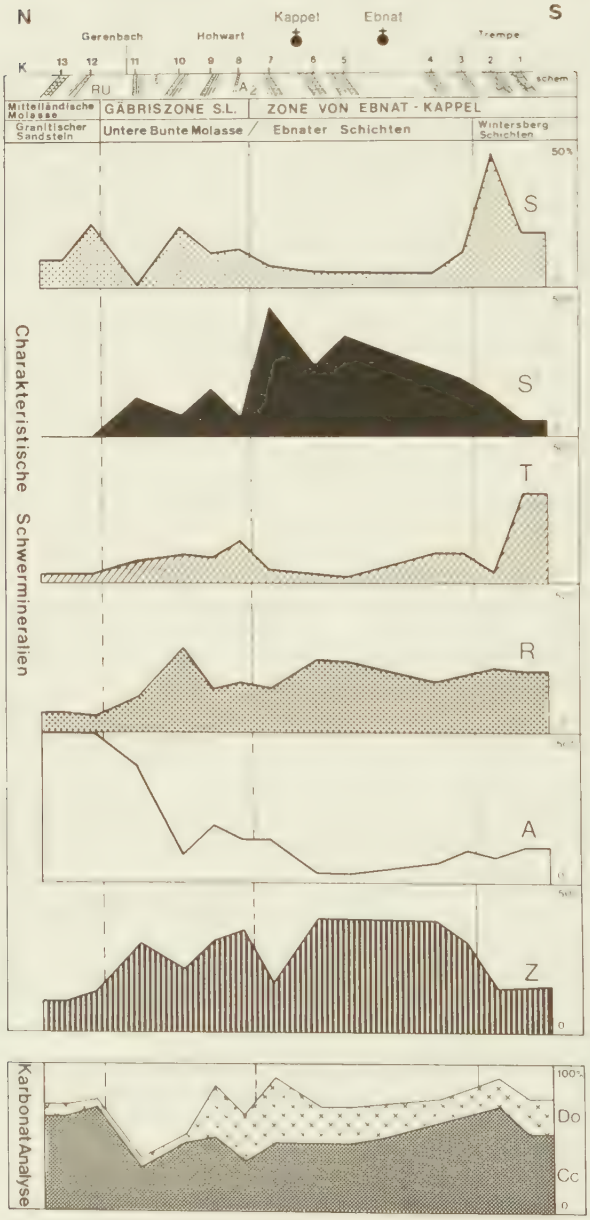
2.3.10. DAS SCHMIDBERG - KAPPEL - PROFIL

(Fig. 26)

Dieses Profil beschreibt die externsten Einheiten der Subalpinen sowie den aufgerichteten Südschenkel der Mittelländischen Molasse und liegt östlich des Thurlaufes.

Die SM-Führung und die Trends in der Zone von Ebnat-Kappel sind aus dem Speer-Profil bekannt. Das inhomogene SM-Bild in den Wintersberg-Schichten (K 1 und 2) ist auf den sporadischen Einfluss der Kronberg-Schüttung zurückzuführen. Turmalin scheint ein Charakter-Mineral in den höchsten Ablagerungen der Speer-Schüttung östlich der THUR zu sein. HABICHT(1945a) beobachtete schon die Dominanz von Turmalin über Staurolith im toggenburgischen Teil des Speer-Schuttfächers. Die Ebnater Schichten (K 3-7) bestätigen einmal mehr, dass ihr proximales Faziesäquivalent in den Speer-Schichten zu suchen ist. Feldgeologisch kann die Zone der Hauptaufschiebung A_2 gut lokalisiert werden.

SCHMIDBERG - KAPPEL - PROFIL Fig. 26



Sedimentpetrographisch lässt sich jedoch keine Antiklinalstruktur nachweisen, sondern bestätigt die Auffassung von HABICHT (1945: 146), wonach im Kern der "Antiklinale" A_2 zwischen NECKER und LINTH eine steile Aufschiebungsfläche verlaufen soll.

Die Gäbriszone s.l. besteht aufgrund sedimentpetrographischer Kriterien aus Schichtfolgen der Unteren Bunten Molasse, welche abwechselnd gegen N und S einfallen und der Speer-Schüttung entstammen. Die rötlich gefärbten Mergel mit Zwischenlagerungen von Kalksandsteinen (K 8-11) sind vergleichbar mit den Proben an der USM-Basis im Rietbad-Profil(R 15-6). So weist die nördlichste Probe aus der Subalpinen Molasse(K 11) ein horwerähnliches SM-Spektrum auf und repräsentiert unterste UBM. Als Charakteristikum darf der hohe Apatitgehalt von 40%, Spinell als Hauptgemengteil und der niedrige Dolomitanteil von 5% bezeichnet werden. Diese Ergebnisse bestätigen die Vermutungen R.STAUBS und die Abklärungen HABICHTS(1945:24), dass Einflüsse der Gäbris-Schüttung in der Gäbriszone s.l. im Thurtal nicht nachweisbar sind.

N der Rand-Unterschiebung manifestiert sich der Granitische Sandstein einerseits durch das Fehlen von Spinell und andererseits durch eine Apatit-Staurolith-Fraktion. Besonders erwähnenswert ist der durchwegs hohe Karbonatgehalt von über 50% des sonst als karbonatarm beschriebenen Granitischen Sandsteins. Sedimentpetrographische Untersuchungen in der Granitischen Molasse 30 km weiter E, in der Umgebung von TROGEN, bestätigen die Beobachtungen aus dem Thurtal.
HABICHT(1945:3), HOFMANN(1957:294) und FUECHTBAUER(1964:224) beschreiben nur einen karbonatarmen,staurolithfreien, ebenfalls apatitreichen Granitischen Sandstein und leiten diesen aus der kristallinreichen und sedimentarmen Schüttung der HOEHRONEN ab (kein Staurolith). Aufgrund der Zusammensetzung ist der Granitische Sandstein aus den Lokationen K 14 und 13 das Produkt

eines metamorphen und kristallinen Einzugsgebietes mit einem relativ grossen Anteil karbonatischer Sedimente. Diese Voraussetzung ist nur für die Schuttfächer des Kronberg und des Gäbris (beide mit Staurolith) gegeben. Eigene Untersuchungen an der Basis der Gäbris-Schüttung lassen an einer Herkunft aus dieser Schüttung nicht zweifeln.

Fig. 27: Sedimentpetrographischer Vergleich der Granitischen Sandsteine

Granitischer Sandstein	SCHWERMINERALIEN									KARBONAT		PROBEN-ANZAHL
	G	Z	A	E	R	T	S*	S	FORMEL	C*	Do	
Lokalität :												
THUR (K 12/13)	73	13	60	1	6	4	-	16	GASZ rt	[illegible]	[illegible]	2
TROGEN (A 9/12)	80	15	44	1	6	6	2	26	GASZ rt	52	22	2
GAEBRIS	78	19	50	-	7	6	5	13	GAZS rt	51	12	2
HOEHRONE (Schlanke 1974)	63	48	47	-	3	2	-	-	GZA rt	14	4	12

Die Tatsache, dass somit der Granitische Sandstein aus zwei qualitativ verschiedenen Schüttungen stammen muss, der Höhronen im W und des Gäbris im E, ist nicht neu. RENZ postulierte dies bereits 1937 aufgrund makroskopischer Vergleiche.

2.4. ZUSAMMENFASSUNG DER SEDIMENTPETROGRAPHISCHEN ERGEBNISSE

2.4.1. SEDIMENTPETROGRAPHISCHE CHARAKTERISIERUNG DER BETEILIGTEN SCHÜTTUNGEN DER UNTEREN SÜSSWASSERMOLASSE

2.4.1.1. DIE SPEER-SCHUETTUNG S.L.

Zur Speer-Schüttung s.l. werden all jene fluviatilen Sedimente gezählt, welche zur Zeit des mittleren und oberen Oligozäns zwischen den Schuttfächern der RIGI s.l. im Westen und des HOCHGRAT im Osten abgelagert wurden. Ihr gehören nebst einem zentralen Schuttfächerteil (HIRZLI-FEDERISPITZ-SPEER) mehrere kleinere Schuttfächer im Marginalbereich an (BLAESSCHOPF, STOCKBERG, LEUENFALL), welche zeitweise aus einer anderen distributiven Provinz als jener der Speer-Schüttung s.str. beliefert wurden.

2.4.1.2. DIE SPEER-SCHUETTUNG S.STR.

Fig. 28

Speer - Schüttung

(MITTELWERT AUS 101 PROBEN , IN %)

		G	Z	A	E	R	T	S'	S
SM - ANALYSE	:	52	27	9	-	20	9	22	12

SM - FORMEL : $G, ZS'RS\,{}^{t}_{a}$

CHARAKTER - MINERAL : S P I N E L L

KARBONAT			
	C*	:	73
	D o	:	22
	C/D	:	2.3

Die Speer-Schüttung s.str. musste über ein Einzugsgebiet verfügen, an dessen Aufbau Einheiten der spinellreichen internen Flysche (vgl. GASSER 1968) sowie ostalpine Deckeneinheiten beteiligt waren.

FUECHTBAUERS Charakterisierung der Speer-Schüttung (1964:229) durch eine Granat-Zirkon-Turmalin-Rutil-Apatit-Fraktion (SM-Formel: G, ZTRA s's) ist nicht repräsentativ, weil

- die untersuchten Proben aus dem östlichen Schuttfächerrand stammen,
- Einflüsse der Stockberg-Schüttung das SM-Bild veränderten
- Spinell nicht mit dem Mikroskop-Kondensor betrachtet und daher in den lokal pyritreichen Schichten im Thurtal nicht erkannt wurde.

MUELLER (1971:45) stellte in seinen Untersuchungen im zentralen Bereich der Schüttung eine Zirkon-Granat-Rutil-Kombination fest. (SM-Formel: g,ZR sats') und erwähnt Spinell als konstantes Begleitmineral (2%). Angesichts der erzreichen, schlecht auswertbaren Präparate, ist es nicht verwunderlich, dass keine Trends erkennbar sind.

Aufgrund der vertikalen und horizontalen Probendichte kann die Speer-Schüttung s.str. gut analysiert werden:

Fig. 29: Regionale SM-Verteilung an der Basis der Speer-Schüttung: Untere Speer-Schichten / Untere Bunte Molasse

1 STOCKBERG-SIEBNEN - Profil
2 AUSTOCK - Profil
3 HIRZLI - Profil
4 SCHAENERBERG - Profil
5 SPEER - Profil (Speer-Schuppe)
6 SPEER-Profil (Schorhüttenberg-Sch.)
7 SCHMIDBERG-KAPPEL - Profil
8 THUR - Profil
9 RIETBAD - Profil
10 URNAESCH - Profil

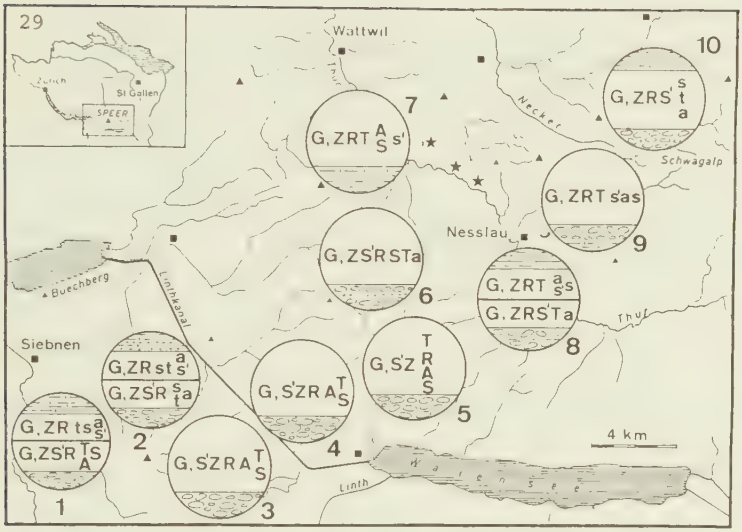
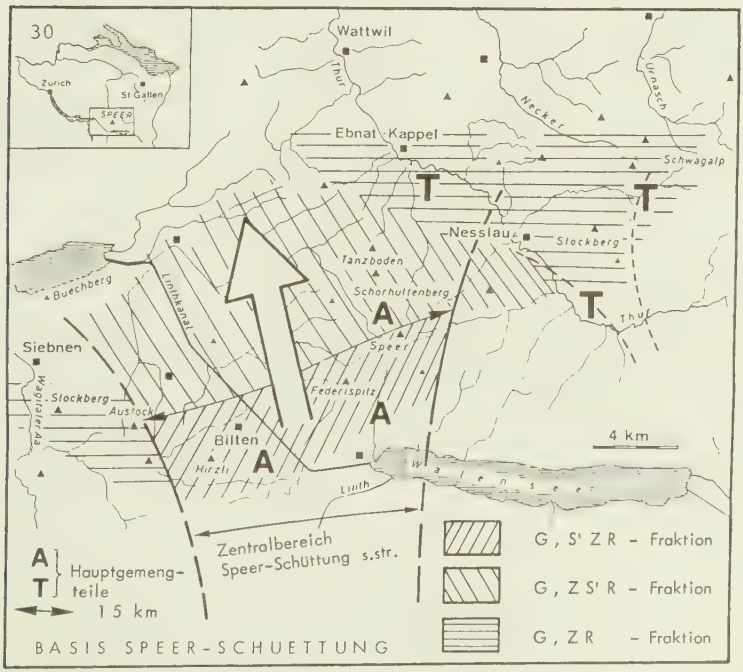


Fig. 30: Rekonstruktion des Speer-Schuttfächers s.str. unter Berücksichtigung des späteren Zusammenschubes der Subalpinen Molasse-Schuppen.



Die Ablagerungen der untersten Speer-Schüttung s.str. zwischen HIRZLI, SCHAENIS und SPEER müssen im Zentrum des Speer-Schuttfächers gelegen haben. Die homogene SM-Verteilung mit dieser Dominanz von Spinell kann auf einer Breite von 14-18km beobachtet werden. Von schüttungsmechanischer Bedeutung ist die Zunahme von Zirkon und Spinell gegen den Schuttfächerrand im Bereich der distalen Fazies. Spinell wird von Zirkon geringfügig überflügelt. Das starke Zurücktreten des Charakterminerals in der Unteren Bunten Molasse kann regional bestätigt werden. Die Fazies der UBM präsentiert sich durchwegs in einer Granat-Zirkon-Rutil-Kombination. Die übrigen SM treten ab und zu als Hauptgemengteile auf, doch liegen ihre Werte meist unter 40%. Dolomit überschreitet die 5%-Marke nicht.

Fig. 31: Regionale SM-Verteilung: Obere Speer-Schichten

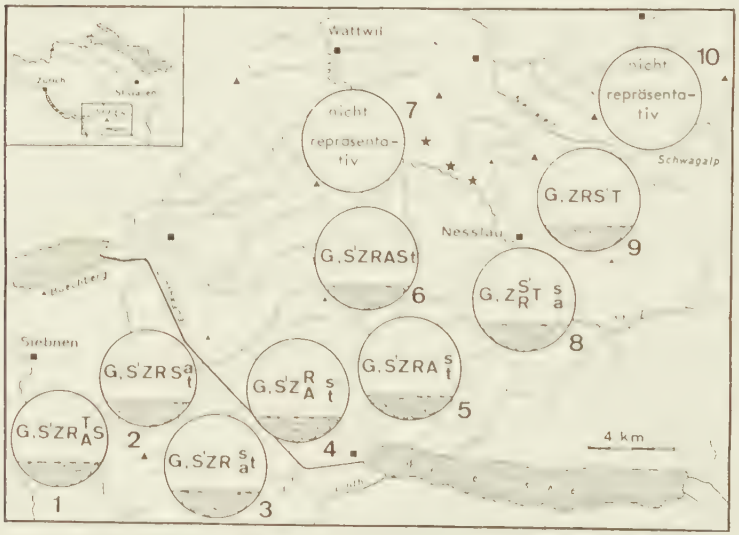


Fig. 32: Rekonstruktion des Speer-Schuttfächers s.str. unter Berücksichtigung des späteren Zusammenschubes zur Zeit der oberen Speer-Schichten-Ablagerung

Das Gebiet zwischen THUR und WAEGITALER AA liegt vollends im Einflussbereich der Speer-Schüttung s.str. Auffallend ist die regionale, homogene SM-Verteilung in Form einer Granat-Spinell-Zirkon-Rutil-Kombination. Im Zentralbereich kann der höhere Apatitanteil bestätigt werden. Oestlich der Thur sind nach wie vor Einflüsse der Stockberg-Schüttung erkennbar und erschweren

eine lithostratigraphische Gliederung. Die Schuttfächerbreite ist im gleichen Querschnitt (vgl. Fig. 30) auf rund 30 km angestiegen, die von der Speer-Schüttung s.str. mit grobklastischen Sedimenten bestrichen wird.

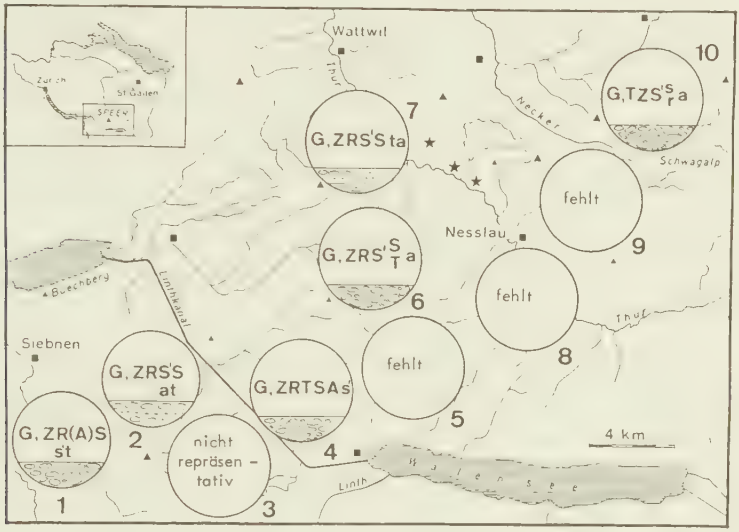
Fig. 33: Sedimentpetrographische Mittelwerte der Oberen Speer-Schichten zwischen Thur und Wägital

obere Speer-Schichten	SCHWERMINERALIEN							KARBONAT		MITTELWERT
	G	Z	A	R	T	S'	S	Cc	Do	aus ... Proben
Profil :										
SCHORHUETTENBERG-SCHUPPE	41	17	14	15	7	36	11	45	31	4
SPEER - SCHUPPE	43	18	10	14	7	44	7	55	18	3
SCHAENERBERG	31	24	13	13	8	33	9	56	30	4
HIRZLI	44	26	13	10	7	35	9	53	22	4
AUSTOCK	49	26	6	14	6	38	10	63	26	6
STOCKBERG - SIEBNEN	54	30	10	11	10	31	6	53	16	6
MITTELWERT	44	23	11	13	8	36	9	54	24	27
FORMEL	$G_{,}S'ZRA\,st$									

Fig. 34: Sedimentpetrographische Mittelwerte der gesamten Speer-Schichten zwischen Thur und Wägital

Speer-Schichten (gesamt)	SCHWERMINERALIEN							KARBONAT		MITTELWERT
	G	Z	A	R	T	S'	S	Cc	Do	aus .. Proben
Profil :										
SCHORHUETTENBERG - SCHUPPE	52	27	8	18	9	25	12	46	25	14
SPEER - SCHUPPE	48	24	12	15	10	26	12	53	21	18
SCHAENERBERG	42	25	12	15	9	30	9	55	25	10
HIRZLI	45	24	11	20	6	29	10	50	18	9
AUSTOCK	52	12	7	19	10	21	9	51	20	11
MITTELWERT	48	26	10	17	9	26	10	50	21	62
FORMEL	$G_{,}\frac{Z}{S'}R\frac{A}{S}t$									

Fig. 35: Regionaler Vergleich der Wintersberg-Schichten in der Speer-Schüttung s.str.



1 STOCKBERG-SIEBNEN - Profil
2 AUSTOCK - Profil
3 HIRZLI - Profil
4 SCHAENERBERG - Profil
5 SPEER - Profil (Speer-Schuppe)
6 SPEER - Profil (Schorhüttenberg-Sch.)
7 SPEER - Profil (Zone v. Ebnat-Kappel)
8 THUR - Profil
9 RIETBAD - Profil
10 URNAESCH - Profil

Die Aenderung in der SM-Führung in den obersten Ablagerungen der Speer-Schüttung s.str. kann ebenfalls r e g i o n a l bestätigt werden. Zirkon und Rutil beherrschen nun das Spektrum und haben Spinell aus der Führungs-Position verdrängt. Staurolith ist Hauptgemengteil.

Interessant ist die Tatsache, dass die Wintersberg-Schichten in den internsten Schuppen nicht mehr oder nur noch sehr geringmächtig nachgewiesen werden können.

Auffallend ist auch die sedimentpetrographische Uebereinstimmung östlich und westlich des Schuttfächer-Zentrums in Form einer Zirkon-Rutil-Spinell-Staurolith-Kombination, während im Zentrum trendmässig eindeutig Wintersberg-Schichten, aber mit einer Formel anderer Prorität, bestätigt werden können.

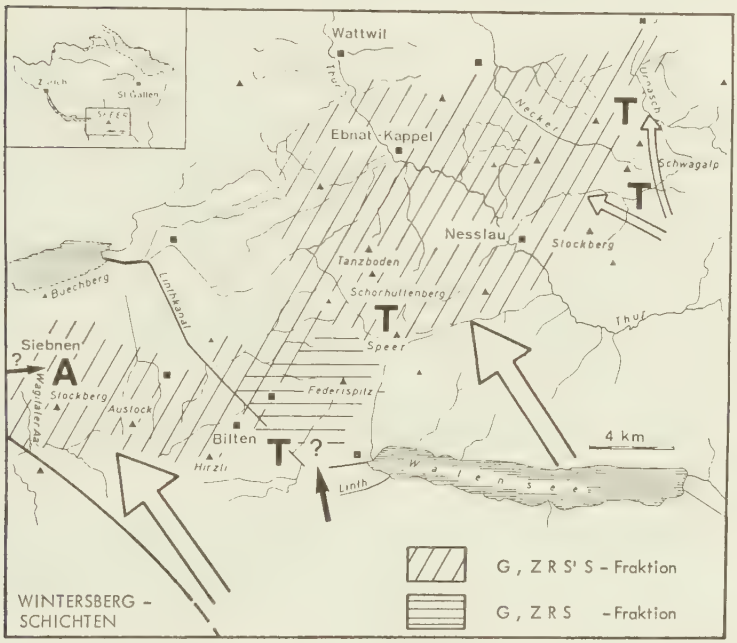
Es macht den Anschein, dass im zentralen Schuttfächerbereich ein Hochgebiet existiert haben muss, oder/und die Akkumulationen wurden vermehrt wieder erodiert, so dass die Geröllschüttungen östlich und westlich davon in den distalen Bereich gelangten. Einflüsse durch östliche Schüttungen mit einem hohen Turmalin-Anteil sind im TOGGENBURG nicht zu übersehen.

Am Westrand des Untersuchungsgebietes, im WAEGITAL, bekundet der hohe Apatit-Anteil zweifellos Zuschüsse aus der zu dieser Zeit kristallinführenden Rigi-Schüttung s.l. (vgl. FUECHTBAUER 1964: 192, Bunte Rigi-Nagelfluh mit einer G, AZT ss' Fraktion).

Fig. 36: Sedimentpetrographische Mittelwerte der Wintersberg-Schichten zwischen Thur und Wägital

Wintersberg-Schichten	SCHWERMINERALIEN							KARBONAT		MITTELWERT
	G	Z	A	R	T	S	S	Cc	Do	aus ...Proben
Profil :										
ZONE von EBNAT-KAPPEL	58	22	5	25	9	16	16	53	31	8
SCHORHUETTENBERG - SCHUPPE	61	26	9	23	13	14	13	47	30	5
SCHAENERBERG	59	26	12	22	18	9	14	58	20	4
AUSTOCK	56	28	9	23	6	20	14	55	33	2
STOCKBERG - SIEBNEN	57	29	18	19	8	13	16	54	28	6
MITTELWERT	58	28	10	22	11	14	15	53	28	29
FORMEL	G, Z R $\frac{S}{S'}$ TA									

Fig. 37: Rekonstruktion des Speer-Schuttfächers unter Berücksichtigung des späteren Zusammenschubes zur Zeit der Wintersberg-Schichten



Die im REFERENZ-PROFIL beschriebene Trend-Aenderung bei den die Speer-Schüttung s.str. prägenden Schwermineralien Spinell Zirkon, Rutil und Granat zur Unterteilung in eine untere Speer-Serie und eine obere Wintersberg-Serie (vgl. Fig. 38) kann zwischen THUR- und WAEGITAL fünfmal bestätigt werden. Mit geologischen Zeitmassstäben gerechnet, darf diese Aenderung in der SM-Verteilung zumindest bei Vergleichen innerhalb der über 2km mächtigen Speer-Schüttung als ± synchron erweisen.

Fig. 38: Trend-Aenderung beim Uebergang Speer-/Wintersberg-Schichten als Isochronen-Indiz im Bereich der Speer-Schüttung s.str.

	Zone v Ebnat-K.		Schorhüttenberg		Schänerberg		Alpstock		Stockberg-Siebnen	
	O.Sp.	Wi	O.Sp.	Wi	O.Sp.	Wi	O.Sp.	Wi	O.Sp.	Wi
Staurolith	10	16	11	13	9	14	10	14	6	14
Spinell	25	16	36	14	33	9	38	20	31	13
Rutil	20	25	15	23	13	22	14	23	11	19
Zirkon	29	32	17	26	24	26	26	28	29	30
Kalzit	52	53	45	47	56	58	63	55	53	54
Dolomit	28	32	30	31	30	20	26	33	16	28

Tendenz steigend

Tendenz fallend

(Nur Profile mit mehreren Proben berücksichtigt)

2.4.1.3. SEDIMENTPETROGRAPHISCHER VERGLEICH DER SPEER-SCHUETTUNG s.str. MIT DER BENACHBARTEN RIGI-SCHUETTUNG IM WESTEN

Vorbemerkung:

Die Vergleichbarkeit ist durch die gleiche Analysen-Methodik von STUERM (1973) und MUELLER (1971) im betrachteten Abschnitt der Subalpinen Molasse gewährleistet.

Ergebnisse:

Auf die Schwierigkeit die Speer-Hirzli-Schüttung (= zentraler Bereich der Speer-Schüttung s.str.) von der Rigi-Rossberg-Schüttung zu unterscheiden, weist bereits MUELLER (1971:95) hin.

Fig. 39: Sedimentpetrographischer Vergleich der Speer-Schüttung s.str. mit der Rigi-Schüttung s.str.

	SCHWERMINERALIEN									KARBONAT		
	G	Z	A	E	R	T	S'	S	FORMEL	Cc	Do	C/D
SPEER - SCHUETTUNG s. str.	52	27	9	--	20	9	22	12	$G,ZS'RS\ {}^{t}_{a}$	73	22	2.3
RIGI - SCHUETTUNG s. str. (STUERM 1973 : 47)	46	62	2	-	11	2	21	1	$G,ZS'R\ {}^{t}_{a}$	66	24	1.8

Eindeutigstes Unterscheidungsmerkmal ist der Zirkon, der in der Rigi-Schüttung um mehr als 30% höher liegt (27% gegenüber 62%). Diese Diskrepanz dürfte vor allem auf das Fehlen der als Zirkon-Lieferant wichtigen roten Rigi-Granite im Speer-Abschnitt zurückzuführen sein. Weitere wichtige Unterscheidungskriterien gegenüber der Rigischüttung s.str. sind Apatit und Staurolith, welche sich des öftern als Hauptgemengteil behaupten können. Da Granite als potentielle Apatit-Lieferanten im Speerfächer äusserst selten anzutreffen sind, muss dieser vorwiegend aus externen Flyschen stammen.

Staurolith dagegen lässt sich aus metamorphen, ostalpinen Fetzen, aufliegend auf den spinellreichen, internen Flyschen, herleiten.

Calcimetrisch können im Speer-Schuttfächer leicht höhere Kalzitwerte (51% gegenüber 42%) registriert werden. Die Dolomitwerte, die praktisch den Dolomit-Komponentenanteil im Gestein widerspiegeln, sind ± äquivalent. Die von MUELLER (1971) postulierten " östlichen Dolomitschüttungen" dürften den obersten Serien der Speer-Schüttung s.str. entsprechen, welche Dolomitwerte um 30% aufweisen und zudem eine beträchtliche westliche Extension haben.

Gegen die Marginalbereiche der Schuttfächer kann eine deutliche Spinell-Abnahme (von mehr als 20% auf weniger als 10%) registriert werden. Eine Abgrenzung beider Schuttfächer, vor allem in der mergeligen Randfazies (Molasse rouge / Untere Bunte Molasse), dürfte aufgrund der Identität der SM-Spektren äusserst schwierig sein.

Fig. 40: Sedimentpetrographischer Vergleich der peripheren Ablagerungen von Speer- und Rigi-Schuttfächer

Peripherie	SCHWERMINERALIEN								
	G	Z	A	E	R	T	S'	S	FORMEL
SPEER - SCHUETTUNG s.str.	53	52	6	-	22	7	8	4	G,ZR
RIGI - SCHUETTUNG s.str. (STUERM 1973 : 47)	36	53	8	-	19	7	5	3	G,ZR

Da Rigi- und Speer-Schüttung s.str. ihr Material vorwiegend aus derselben distributiven Provinz bezogen (Simmendecke s.l. und deren Aequivalente), können sedimentpetrographische Trends in beiden Schuttfächern rekognosziert und die lithofaziell definierten Schichten somit ohne Probleme korreliert werden. Als Korrelationskriterien dienen vorab Leitmineralien beider Schüttungen, Spinell mit Zirkon.

Fig. 41: Korrelation zwischen Speer- und Rigi-Schüttung s.str. anhand sediment-petrographischer Kriterien (Vertikal-Profil)

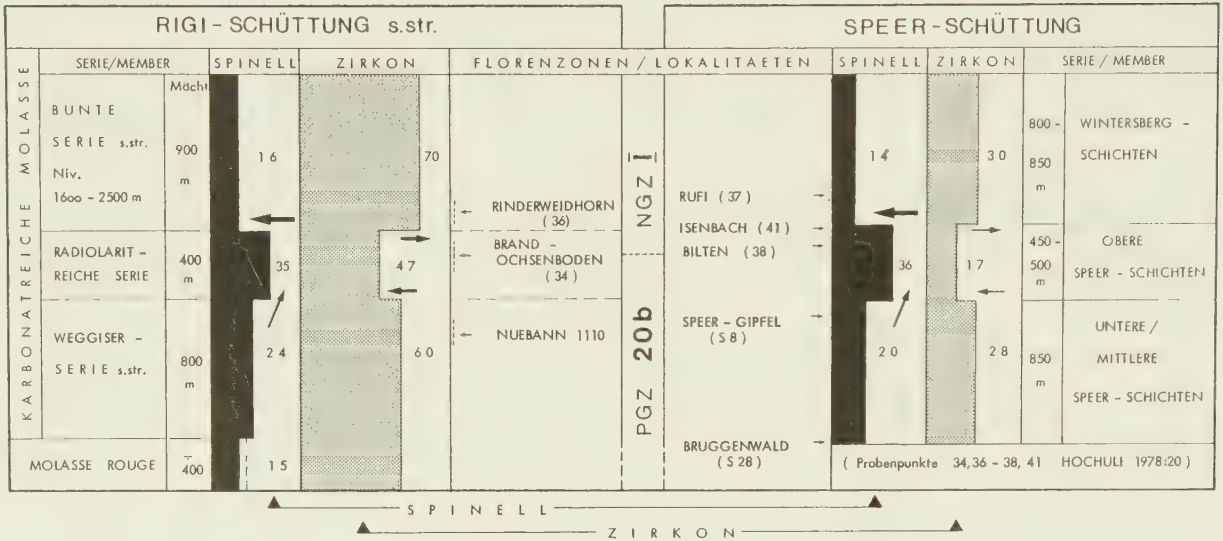
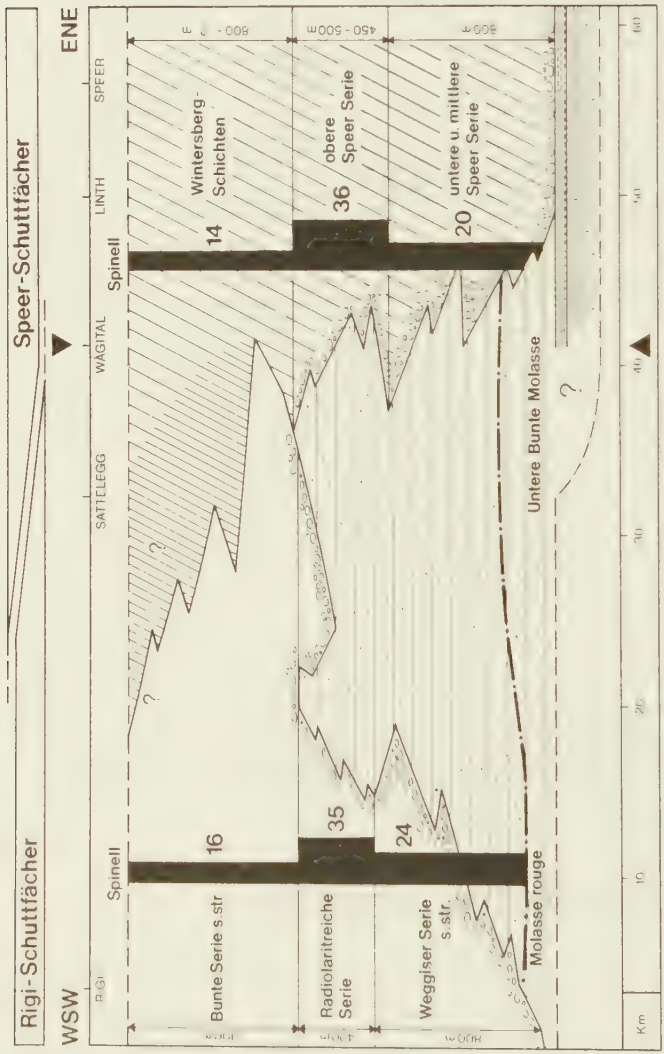


Fig. 42: Horizontale und vertikale Verbreitung von Speer- und Rigi-Schüttung s.l. (nach STUERM 1973)



Während Spinell quantitativ und trendmässig im Rigi- und im Speer-Schuttfächer völlige Koinzidenz aufweist, liegen die Zirkonwerte generell um 30% tiefer, was aber die Trend-Entwicklung nicht zu beeinflussen vermag. Diese Tatsache zeigt, dass das SM-Spektrum zum grossen Teil durch die internen Flysche geprägt wurde. Den charakteristischen Spinell-Sturz von 35% auf 16% beim Uebergang von der 400m mächtigen Radiolaritreichen Serie in die Bunte Serie s.str. im Rigifächer repräsentiert wohl dasselbe Ereignis wie der Uebergang von der 450-500m mächtigen Oberen Speer-Serie in die Wintersberg-Schichten im Speer-Schuttfächer. Eruieren wir anhand der Trend-Aenderungen im SM-Spektrum der Schuttfächer die Mächtigkeiten der einzelnen Serien bzw. Members, so sind auch diese durchaus vergleichbar und liefern somit ein weiteres Korrelations-Indiz.(vgl.Fig. 41 und 42).

Nebst lithostratigraphischen Kriterien scheinen auch pollenanalytische Untersuchungen die vorgeschlagene Korrelation zu bestätigen. Die von HOCHULI (1978:35-37) untersuchten Proben aus der Unteren Bunten Serie (Rigi-Schüttung s.l.) liegen in der gleichen Florenzone (Neogen-Zone 1) wie jene von BILTEN (Obere Speer-Schichten), ISENBACH (Uebergang Speer-/Wintersberg-Schichten) und RUFI (Wintersberg-Schichten).
Neuere Untersuchungen von HOCHULI (mdl. Mitt.) in der Weggiser Serie und eigene in den mittleren Speer-Schichten weisen diese aufgrund des Vorkommens von Boehlensipollis hohli der Paläogen-Zone 20b zu.

2.4.1.4. DIE STOCKBERG-SCHUETTUNG

Fig. 43

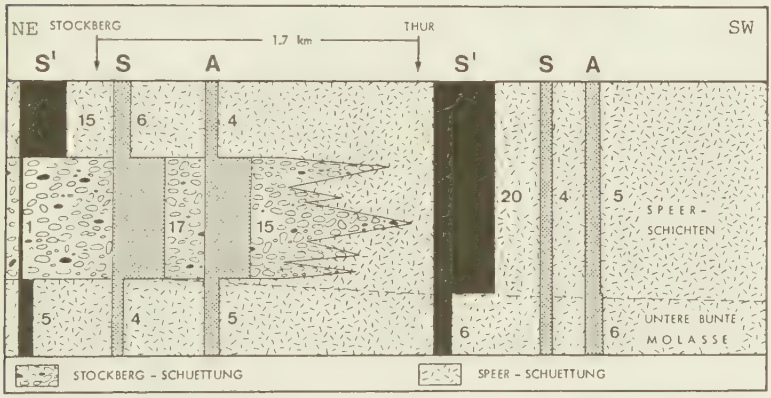
Stockberg - Schüttung									
		G	Z	A	E	R	T	S'	S
SM - ANALYSE	:	70	20	15	1	27	18	2	17
SM - FORMEL	:	G, RZTSA							
CHARAKTER - MINERALIEN	:	STAUROLITH APATIT	} als Hauptgemengteile						

KARBONAT	C*	:	73
	Do	:	22
	C/D	:	2.3

Lithostratigraphisch liegt die Stockberg-Schüttung im Niveau der Speer-Schichten, da die Nagelfluhbänke infolge Steilstufenbildung vom Typus-Gebiet am SPEER gegen Osten bis ins STOCKBERG-Gebiet gut verfolgt werden können. Das Zentrum dieser Schüttung liegt am namengebenden Berg und baut zum grossen Teil diesen Spezial-Schuttfächer auf. Die Existenz des Stockberg-Schuttfächers erkannte bereits HABICHT (1938), indem er nach W bis zum Thur-Querschnitt eine Abnahme der Zahl und Mächtigkeit der Nagelfluhbänke, sowie eine Abnahme der Geröllgrösse feststellte. Die Stockberg-Schüttung unterscheidet sich von der Speer-Schüttung s.str. vor allem durch die Spinell-Armut von 2% gegenüber den üblichen Werten von 20% und mehr. Als weiteres Kriterium prägen die in der Speer-Schüttung bedeutungslos und schwach vertretenen Apatit- und Staurolithanteile mit Durchschnittswerten von 15 bzw. 17% das SM-Spektrum der Stockberg-Schüttung. Aufgrund der sediment-

petrographischen Verschiedenheit der Speer-Schichten E und W der THUR ist es sinnvoller, die Speer-Schichten im Bereich des Stockberg-Schuttfächers mit einer Granat-Rutil-Zirkon-Turmalin-Staurolith-Apatit-Kombination in "Stockberg-Schichten" umzubenennen. Als Liefergebiet kommen vorwiegend äusserst spinellarme Flysche aus dem ultrahelvetischen - nordpenninischen oder gar helvetischem Bereich (hoher Karbonatgehalt) und metamorphe Serien aus dem ostalpinen Raum in Frage.

Fig. 44: Schematische Darstellung der sedimentpetrographischen Verhältnisse im Interferenzbereich der Speer-/Stockberg-Schüttung



Zusammenhang zwischen Speer- und Stockberg-Schüttung

(Paläogeographischer Abriss)

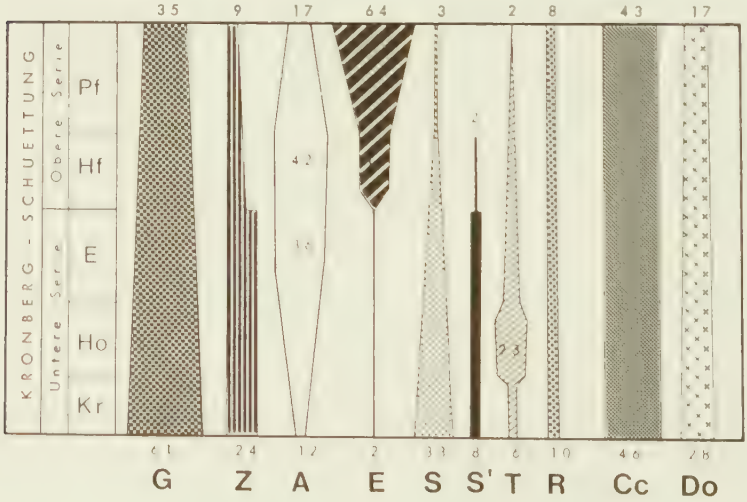
Zu Beginn der USM lag das Thur - Stockberggebeit am Rande des bereits aktiven Speerschuttfächers s.str. in Fazies der Unteren Bunten Molasse vor. Im Laufe der Zeit nahmen die Geröllschübe an Mächtigkeit und Ausdehnung zu und erreichten bald einmal den Thur-Querschnitt. Gleichzeitig begann die Stockberg-

Schüttung aktiv zu werden und baute mit ihren Geröllschüben anderer Provenienz einen speziellen Schuttfächer auf, der mit dem Speer-Schuttfächer s.str. interferierte. Der Einflussbereich des Speer-Schuttfächers s.str. vergrösserte sich jedoch zusehends und bedrängte mit seinen Geröllschüben die Stockberg-Schüttung. Diese versiegte und wurde in der Folge vom Detritus der Speer-Schüttung s.str. vollends überdeckt.

2.4.1.5. DIE KRONBERG-SCHUETTUNG

Die von FUECHTBAUER (1964:224) vorgenommene Zweiteilung der Kronberg-Schüttung anhand von 2 bzw. 3 sedimentpetrographisch untersuchten Proben kann generell bestätigt werden. Eine grössere Probendichte (36) bringt lediglich eine leichte Verschiebung der Anteile der einzelnen Schwermineralien.

Fig. 45: SM- und Karbonatentwicklung in der Kronberg-Schüttung (Legende siehe Seite 115)



Gesamthaft betrachtet zeigen Granat, Zirkon und Dolomit eine abnehmende Tendenz in stratigraphisch höhere Schichten an. Als Charakter-Mineralien der Kronberg-Schüttung dürfen Apatit, Staurolith und Epidot bezeichnet werden.

Im unteren Teil der Kronberg-Schüttung (Krummenauer Schichten, Hochalp-Schichten und Ennetbüeler Schichten) beherrschen Apatit und Staurolith das Schwermineralbild und verhalten sich komplementär zueinander. Epidot tritt meist akzessorisch auf oder ist Nebengemengteil. Die Spinellwerte oszillieren stark und weisen deutlich auf sporadische Speer-Einflüsse oder auf umgelagertes Speer-Material hin.

Im oberen Teil der Kronberg-Schüttung tritt schlagartig Epidot als Hauptgemengteil auf (19%) und dominiert nebst Apatit zunehmend das SM-Spektrum mit Einzelwerten von über 80%. Er nimmt, da sich die übrigen SM nur unwesentlich ändern, die Nische des sukzessiv abnehmenden Staurolithes ein und verhält sich ebenfalls komplementär zu Apatit.

Es sei noch auf die Resultate der Untersuchungen von HABICHT (1945:76) hingewiesen, dem trotz der Zerstörung des diagnostisch wichtigen Apatites eine Trennung von Speer- und Kronberg-Schüttung gelang:

Speer-Schüttung s.str.	Turmalin > Staurolith
Kronberg-Schüttung	Staurolith > Turmalin

Diese Gesetzmässigkeit trifft nur für den effektiven Uebergangsbereich von den Wintersberg- in die Krummenauer Schichten östlich der Thur zu (vgl. Urnäsch-Profil) und kann nicht als Charakteristikum der betreffenden Schüttungen gewertet werden.

Fig. 46

Untere Kronberg-Serie

(KRUMMENAUER - HOCHALP - ENNETBUELER - SCHICHTEN)

		G	Z	A	E	R	T	S'	S
SM - ANALYSE	:	48	24	21	2	10	13	1	2

SM - FORMEL : G, ZAST rs'

CHARAKTER - MINERALIEN : APATIT und STAUROLITH

KARBONAT	
	C' 68 %
	Do 25 %
	C/D 1.7

MITTELWERT AUS 23 PROBEN

Fig. 47

Obere Kronberg-Serie

(HÖCHFLAESCHLI - und PFINGSTBODEN - SCHICHTEN)

		G	Z	A	E	R	T	S'	S
SM - ANALYSE	:	38	11	30	41	8	4	1	5

SM - FORMEL : g, EAZ rst

CHARAKTER - MINERALIEN : EPIDOT und APATIT

KARBONAT	
	C' 63 %
	Do 17 %
	C/D 2.7

MITTELWERT AUS 13 PROBEN

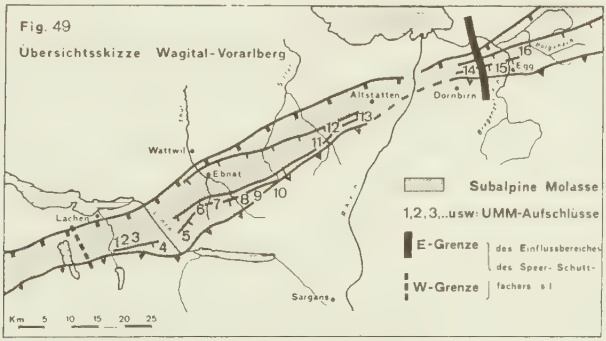
Fig. 48: Sedimentpetrographischer Vergleich der Charaktermineralien Untere / Obere Kronberg-Serie

MEMBER \ SM	EPIDOT	STAUROLITH	APATIT
OBERE KRONBERG - SERIE	41	5	30
UNTERE KRONBERG - SERIE	2	20	21

2.4.2. SEDIMENTPETROGRAPHISCHE CHARAKTERISIERUNG DER SANDSCHUETTUNGEN IN DER UNTEREN MEERESMOLASSE

In 16 Aufschlüssen zwischen WAEGITAL und VORARLBERG wurde die UMM sedimentpetrographisch untersucht. Auf die Wiedergabe der Vertikal-Profile[1)] wird verzichtet. In den folgenden Ost-West-Profilen kann die SM- und Karbonatführung innerhalb einer lithostratigraphischen Einheit regional erfasst werden.

Die Lokationen der Profilaufnahmen sind auf der Uebersichtsskizze Fig. 49 dargestellt und sind teilweise identisch mit jenen, welche später sedimentologisch interpretiert werden.



1) in: Feld-Notizen H.P. Frei, Bibliothek Geol.Inst.ETH

Auf Vergleiche mit weiter westlich liegenden UMM-Aufschlüssen wird verzichtet, da neue Untersuchungen durch A. RISSI im Gange sind.

2.4.2.1. DIE RIETBAD-SCHICHTEN

(vgl. Stockneregg- und Rietbad-Profil)

Der Rietbad-Sandstein und die stratigraphisch tiefer liegenden Mergel vom Grisiger Typus zeigen eine Granat-Staurolith-Turmalin-Apatit-Zirkon-Rutil-Kombination.

Formel: G, STAZR

Der Mittelwert aus 8 SM-Präparaten liegt bei folgenden Werten:

G	Z	A	E	R	T	S'	S
66	16	17	-	12	23	3	27

Während die tiefsten Proben bis 20% mehr Apatit aufweisen, tritt Rutil nur noch in Spuren auf.

G	Z	A	E	R	T	S'	S
46	13	46	-	2	15	2	22

Die darüber liegenden Grisiger Mergel und Horwer Sandsteine unterscheiden sich von dieser Sequenz durch einen relativ hohen Spinell-Anteil von stets über 10% und dem vollständigen Zusammenbrechen des Staurolithes. Diese sedimentpetrographische Verschiedenheit bestätigt die zuerst von HABICHT (1938) geäusserte Ansicht, dass diese Sandsteine die Basis der UMM des STOCKBERG bilden und lässt den später vom selben Autor (1945:115) in Betracht gezogenen tektonischen Kontakt über den Rietbad-Sandsteinen und die Deutung derselben als verschürftes Element der Horwer Sandsteine nicht mehr aufrecht erhalten.

Die Rietbad-Schichten (Synonym: Unterer Sandstein HABICHT 1945) sind daher als ältestes und selbständiges Schichtglied der

Unteren Meeresmolasse zu betrachten. Auch sedimentologische Untersuchungen zeigen Unterschiede zwischen Rietbad-Sandstein und Horwer Sandstein.

2.4.2.2. VERGLEICH MIT DEN DEUTENHAUSENER SCHICHTEN

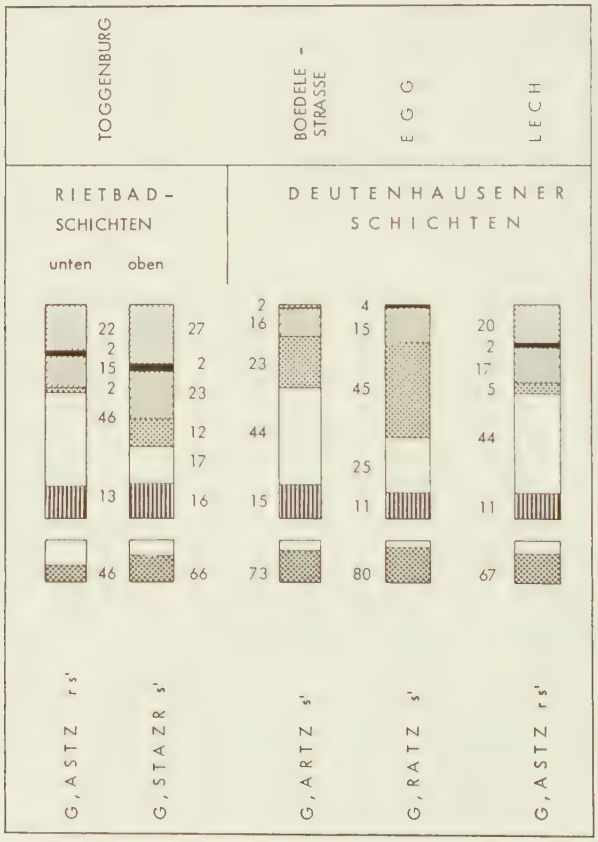
Suchen wir im Osten grobklastische Bildungen an der Basis der Grisiger Mergel, so besteht kein Zweifel, dass die Rietbad-Schichten lithostratigraphisch mit den Deutenhausener Schichten zwischen Rheintal und Bregenzer Ach parallelisiert werden müssen, da beide mit Sandsteinen und Konglomeraten abschliessen und teils mit scharfem, teils fliessendem Uebergang von der mehrere 100m mächtigen, monotonen Serie der Grisiger Mergel bzw. Tonmergelstufe überlagert werden. Eine genetische Verwandtschaft ist jedoch auszuschliessen. Da die Rietbad-Schichten keine typischen Flysch-Merkmale wie ihre östlichen Aequivalente aufweisen (RICHTER 1948), repräsentieren sie ein im Flachwasserbereich liegendes, kleines, durch Stürme gebildetes Delta. Ein Zusammenhang mit einem im Osten existierenden Deutenhausener Trog kann auch nach eigenen sedimentpetrographischen Untersuchungen im VORARLBERG nicht bestätigt werden (vgl. Fig. 50).

Obwohl die SM-Spektren der Deutenhausener Schichten und der Rietbad-Schichten vergleichbare Werte bei Apatit, Turmalin, Zirkon und Spinell aufweisen, verraten die Staurolith-Vorherrschaft in den Rietbadschichten und die Rutil-Dominanz mit der Absenz von Staurolith in den Deutenhausener Schichten die Belieferung aus verschiedenen distributiven Provinzen. Im VORARLBERG dürften daher die Deutenhausener Schichten die ersten Einflüsse des Gaisskopf-Fächers und / oder noch östlichere Einflüsse widerspiegeln (RESCH 1963:129), während im TOGGENBURG die Rietbad-Schichten Ablagerungen des Stockberg-Flusses darstellen, der seine Eigenwilligkeit auch in der USM in Form der Stockberg-Schüttung innerhalb des Speer-Schuttfächers s.l.

bekundete.

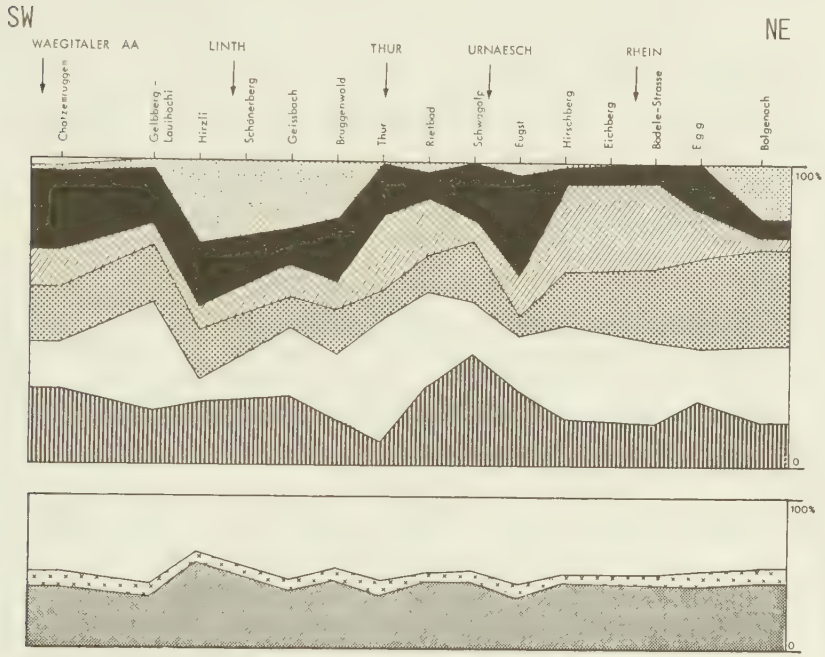
Die in FREI (1976) aufgezeigte sedimentpetrographische Identität der tiefsten UMM-Sequenzen der Ostschweiz und Süd-Deutschlands basierte auf Untersuchungen von FUECHTBAUER (1964) in den Deutenhausener Schichten des LECH-Gebietes. Genetische Zusammenhänge sind auch hier auszuschliessen, obwohl das Hinterland eine ähnliche Gesteinszusammensetzung hatte.

Fig. 50: Sedimentpetrographischer Vergleich der Deutenhausener Schichten mit den Rietbad-Schichten aus dem Toggenburg



2.4.2.3. DIE HETEROLITHISCHE FAZIES DER GRISIGER MERGEL

Fig. 51: Sedimentpetrographisches West-Ost-Profil durch die Grisiger Mergel



Zwischen WAEGITAL und VORARLBERG prägen Apatit und Zirkon das SM-Bild der Grisiger Mergel; sie erreichen Durchschnittswerte von über 20%. Spinell ist als Hauptgemengteil vertreten und kann als Trennkriterium zur liegenden Serie der Rietbad-Sandsteine benutzt werden. Der sonst geringe Anteil von Staurolith (< 5%) zwischen WAEGITAL und RHEIN erreicht zwischen HIRZLI und SPEER Werte von über 20%. Diese Staurolith-Schüttung muss aus einem metamorphen Liefergebiet durch das selbe Alpenquertal ins UMM-Meer gelangt sein, wie die später einsetzende Speer-Schüttung s.str. (vgl. Fig. 30), da eine regionale Ueberlappung

nicht zu übersehen ist. Staurolith ist im Zentralbereich der Speer-Schüttung s.str. in den unteren Speer-Schichten noch als Hauptgemengteil vorhanden. Ferner bekunden konglomeratgefüllte Rinnen in den Oberen Grisiger Mergeln im BILTENER Tobel die ersten grobklastischen Ablagerungen der Speer-Schüttung im UMM-Meer.

Die Anlage des Speer-Fluss-Systems, eines ältesten Rheins, dürfte somit schon zur Zeit der Grisiger Mergel-Ablagerungen vorgezeichnet gewesen sein. Auch die Tonmergelschichten an der BOLGENACH bei KRUMBACH(Aequivalente der Grisiger Mergel)bekunden durch das Auftreten von Staurolith als Hauptgemengteil Einflüsse des später aktiven Hochgrat-Fächers mit seiner Granat-Staurolith-Apatit-Turmalin-Kombination.
Offenbar darf Staurolith als Indikator-Mineral bezeichnet werden, dank welchem am Alpenrand nach dem Austrittsbereich der zugehörigen Schüttung gesucht werden kann. Diese Erkenntnis macht daher auch den Staurolith-Reichtum im Rietbad-Sandstein, welcher sedimentologisch als Ablagerung eines "storm-delta" interpretiert werden kann, verständlich.

Die im Einzugsgebiet des heutigen Rheintales liegenden Grisiger Mergel-Aufschlüsse der Subalpinen Molasse (HIRSCHBERG, EICHBERG, BOEDELESTRASSE und ? EGG) verzeichnen eine Granat-Turmalin-Apatit-Rutil-Zirkon-Fraktion; Staurolith fehlt. Aehnlichkeiten zu den im W und E sich entwickelnden Schüttungen (Speer und Hochgrat) können noch nicht erkannt werden. Ob dieses Gebiet, abseits der beiden sich abzeichnenden Schüttungszentren, durch beckenaxialen Transport (vgl. Nesselburg-Schüttung zur Zeit der Baustein-Schichten mit einer Granat-Turmalin-Apatit-Assoziation) oder durch die in den Weissach-Schichten aktiv werdende Gaisskopf-Schüttung beliefert wurde, steht vorderhand noch offen (vgl. Fig. 52).

Aufgrund des zunehmenden Rutil-Gehaltes gegen E und die bescheidenen Spinell-Werte, verglichen mit jenen W der Sitter, muss eine Belieferung durch westliche Schüttungen, wie sie z.T. FUECHTBAUER (1964:210, 218) postuliert, in Frage gestellt werden.

Eine recht homogene Karbonatverteilung kann über das ganze Untersuchungsgebiet registriert werden. Kalzit weist einen Durchschnittswert von 40% auf, während die Dolomit-Werte zwischen 5 und 10% schwanken.

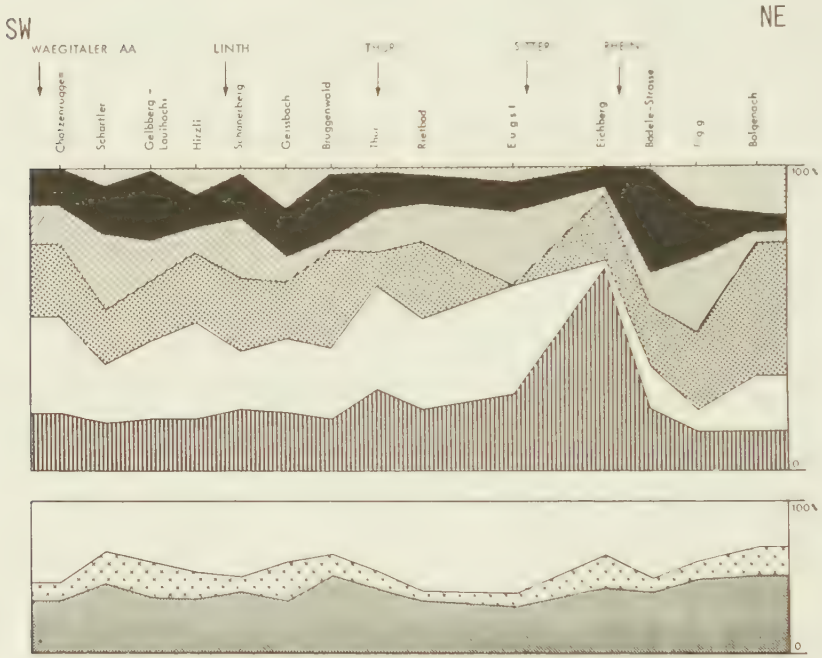
Fig. 52: Regionale Durchschnitts-Werte der Grisiger Mergel zwischen Wägital und Vorarlberg

Grisiger Mergel	SCHWERMINERALIEN								KARBONAT		MITTELWERT
	G	Z	A	R	T	S'	S	FORMEL	Cc	Do	aus...Proben
zwischen : WAEGITAL und SITTER	60	22	23	14	12	19	9	G, AZS'RT s	38	8	9
zwischen : SITTER und BREGENZERACH	60	17	25	24	25	9	-	G, AZ s' (T, R)	43	7	6
BOLGENACH	72	15	25	32	4	6	17	G, RASZ s't	45	11	2

2.4.2.4. DIE HORWER SANDSTEINE

In den Horwer Sandsteinen zwischen WAEGITAL und SITTER kann Apatit weiterhin als Charakter-Mineral mit einem Durchschnittswert von 28% bezeichnet werden, wobei die Einzelwerte selten unter 20% fallen. Weiter östlich geht jedoch der Leitcharakter des Apatits verloren; selbst die Maximalwerte erreichen die 20%-Grenze nicht mehr.

Fig. 53: Sedimentpetrographisches West-Ost-Profil durch die Horwer Sandsteine



Die Staurolith-Schüttung, welche in der heterolithischen Fazies der Grisiger Mergel zwischen SPEER und HIRZLI das SM-Spektrum prägte, ist in den Horwer Sandsteinen (Strand-Fazies) nicht mehr so manifest. Offensichtlich wurden die Sande durch einen Transport parallell der Küste nach E und zeitweise auch nach W verfrachtet, was sedimentologisch nachgewiesen werden kann.

Im E macht sich die zunehmende Aktivität des Hochgrat-Fächers gegen W dadurch bemerkbar, indem die Egg-Schichten sensu Arn. HEIM bei EGG erstmals Staurolith (13%) führen und somit nun den distalen W-Rand des Hochgrat-Fächers dokumentieren. Im SM-Spektrum an der BOEDELE-Strasse, E von DORNBIRN, ist der

Einfluss des Staurolith-führenden Hochgrat-Fächers nur noch schwach oder überhaupt nicht mehr zu erkennen; vielmehr lässt sich in den Baustein-Schichten (Egg-Schichten sensu A. HEIM) eine typische Speer-Assoziation nachweisen.

Die Horwer Sandsteine in EICHBERG an der linken Rheintal-Flanke zeigen die charakteristische SM-Assoziation der oberen UBM (vgl. Fig. 57 , viel Zirkon, wenig Apatit), welche die Randfazies des Speer-Schuttfächers darstellt. Diese Tatsache wirft die Frage nach der Heterochronität der Horwer Sandsteine auf, welche nach sedimentpetrographischen Kriterien klar bejaht werden muss.

Soll in den Horwer Sandsteinen und Baustein-Schichten der Einflussbereich des Speer-Schuttfächers s.l. bzw. des Hochgrat-Fächers s.l. abgegrenzt werden,so dürfte die Trennlinie wenig E von DORNBIRN liegen. Die Einflussbereiche der beiden Schuttfächer sind auf der Uebersichtsskizze 'Wägital-Vorarlberg'in Figur 49 dargestellt.

Calcimetrisch bewegen sich die Kalzit-Werte in regional steigenden und fallenden Tendenzen zwischen 30% und 50%, während der Dolomit-Anteil zwischen 10 und 20% pendelt. In jenen Lokationen, wo nicht die typische Strand-Fazies vorliegt, sinken die Dolomit-Anteile auf die Werte der liegenden Serie ab. Das C/D-Verhältnis schwankt zwischen WAEGITAL und VORARLBERG um 2.5 herum.

Fig. 54: Regionale Durchschnittswerte der Horwer Sandsteine

Horwer Sandsteine / Egg Schichten (A. Heim)		SEDIMENTPETROGRAPHIE							
		G	Z	A	R	T	S'	S	FORMEL
	REGION:								
SPEER - Schuttfächer s.l.	WAEGITAL - SITTER	58	20	28	20	15	14	4	G,AZRTS's
	RHEINTAL	48	44	8	20	8	20	-	G,ZRS'$^{a}_{t}$
HOCHGRAT - Schuttfächer s.l.	BREGENZER ACH - BOLGENACH	76	13	12	34	15	10	14	G,RTSZA s'

2.4.3. DIE DISTRIBUTIVE PROVINZ DER UMM-ABLAGERUNGEN

Das Liefergebiet der Ablagerungen der Unteren Meeresmolasse muss vorwiegend in externen Flyschen (nordpenninisch bis nordhelvetisch) gelegen haben, da vorwiegend sie als Lieferanten des Leitminerals Apatit mit Turmalin zur Diskussion stehen. Die konstante Präsenz von Spinell zeigt jedoch, dass auch aus internen Flyschgebieten Detritus geliefert wurde. Ein weiteres Indiz dafür sind auch die umgelagerten Nannofossilien aus der Oberkreide.

Staurolith, lokal als Hauptgemengteil auftretend und beschränkt auf die Austrittsbereiche der Flüsse aus den Alpen (Konglomerat-Rinnen in den oberen Grisiger Mergeln bei BILTEN, Deltabereich der Rietbad-Schichten), ist aus Gneisen und Glimmerschiefern der ostalpinen Kristallinkomplexe oder aus Flyschpsammiten herzuleiten (vgl. MUELLER 1971:102, Flyschgerölle III).

Der auffallend hohe Spinellanteil sowie die Apatit- und Turmalin-Armut in den Konglomerat-Rinnen bei BILTEN lässt vermehrt auf die Lieferung aus internen als aus externen Flyschen schliessen. Staurolith dürfte direkt aus dem Ostalpin stammen.
Anders im Rietbad-Sandstein: das akzessorische Auftreten von Spinell, die Staurolith-Vorherrschaft, die Porphyrit-Bruchstücke und die seltenen Gneiskomponenten müssen aus ostalpinen Kristallin-Komplexen stammen, welche die internen Flysche, sofern im E noch vorhanden, bereits überfahren haben. Auf alle Fälle muss in der distributiven Provinz der Rietbad-Schichten und der späteren Stockberg-Schüttung das Ostalpin in unmittelbarer Nähe der externen Flysche gelegen haben. Eine andere Möglichkeit wäre einzig die Belieferung aus externen Flyschen, in welchen die Gneise und der Staurolith bereits auf sekundärer Lagerstätte lagen.

An der Wende UMM/USM bricht die Dominanz der externen Flysch-Komplexe als Sand- und Geröll-Lieferant zusammen, und es kündigt

sich eine Verlagerung der distributiven Provinz an, welche dann vornehmlich nur noch in den internen spinellreichen Flyschen der Simmendecke s.l. oder einem paläogeographischen Aequivalent (z.B. Aroser Zone s.l.) zu suchen ist. Offenbar wurden diese Einheiten beträchtlich gegen N geschoben und hatten dabei die externen Flysch-Serien zum grössten Teile überfahren.

2.5. DISKUSSION EINZELNER PROBLEME

2.5.1. SEDIMENTPETROGRAPHISCHE KRITERIEN ALS INDIZ FÜR DIE HETEROCHRONITÄT DER HORWER SANDSTEINE

SM-Aenderungen innerhalb eines Schuttfächers sind auf die Umgestaltung der distributiven Provinz zurückzuführen und dürfen im ganzen Schuttfächerbereich mehr oder weniger als synchron betrachtet werden (vgl. Fig. 7,8,38 - Spinellsturz von 35 auf 15% zwischen 1300 und 1400m von der Basis USM in der Speer-Schüttung s.str.).

Obwohl an der UMM/USM-Wende eine Umlagerung der distributiven Provinz sedimentpetrographisch nachweisbar ist, können sedimentpetrographische Kriterien nicht zu einer messerscharfen Abgrenzung von UMM und USM verwendet werden, da litho- und oekofazielle Kriterien bessere Aussagen liefern. Die UMM/USM-Grenze ist in erster Linie eine Faziesgrenze, welche den Wechsel von marin-brackischer in eine limnisch-fluvioterrestrische Fazies manifestiert. Dass diese Grenze beim Nordwärtswandern der Subsidenzachse nicht isochron sein kann, bekundeten bereits frühere Autoren (RUTSCH 1961/62, HABICHT 1945a).

In den südlichsten UMM/USM-Aufschlüssen der Subalpinen Molasse zwischen WAEGITAL und SITTER (CHATZENRUGGEN, LAUIHÖCHI, BILTEN,

THUR, RIETBAD und EUGST) weisen die tiefsten USM-Schichten (untere Speer-Schichten oder deren Randfazies, die UBM) noch dieselbe SM-Assoziation auf wie die Horwer Sandsteine.

Einzig der um 10% höhere Dolomitanteil im Horwer Sandstein und der lithofazielle Charakter dienen als Unterscheidungsmerkmale.

Fig. 55: Sedimentpetrographischer Vergleich Horwer Sandstein / unterste USM zwischen Wägital und Sitter

	SEDIMENTPETROGRAPHIE									KARBONAT		
	G	Z	A	E	R	T	S'	S	FORMEL	Cc	Do	C/D
unterste Speer-Sch. UBM	67	19	29	1	19	14	10	7	$G,A\frac{Z}{R}TSs$	38	5	7.6
Horwer Sandsteine	58	20	28	-	20	15	14	4	$G,A\frac{Z}{R}TS's$	53	15	3.5

Zwischen 50-100m ab Basis USM (=Top Horwer Sandstein) tritt schlagartig eine Aenderung in der SM-Assoziation auf. Der relativ hohe Apatit- und Turmalin-Gehalt bricht völlig zusammen, während Zirkon kurzfristig von 20 auf 52% im Mittel hochschnellt (Fig. 56, 57).

Fig. 56: Sedimentpetrographischer Vergleich untere/obere Untere Bunte Molasse Mittelwert aus je 10 Proben

		SEDIMENTPETROGRAPHIE									KARBONAT		
		G	Z	A	E	R	T	S'	S	FORMEL	Cc	Do	C/D
unterste Speer-Schichten	OBEN	53	52 ▼	6 ▲	1	22	7	8	4	$G,ZR\frac{S'}{ta}s$	39	5	7.8
UBM	UNTEN	67	19	29	1	19	14	10	7	G,AZRTS's	38	5	7.6

Diese evidente Trend-Aenderung von Zirkon und Apatit kann sowohl im proximalen als auch im distalen Schuttfächerbereich nachgewiesen werden und muss orogene Vorgänge im Hinterland widerspiegeln, deren Auswirkungen alle Schuttfächerteile

Fig. 57: Signifikante Trend-Aenderung im UMM/USM-Grenzbereich interner und externer tekt. Einheiten zwischen Wägital und Rheintal

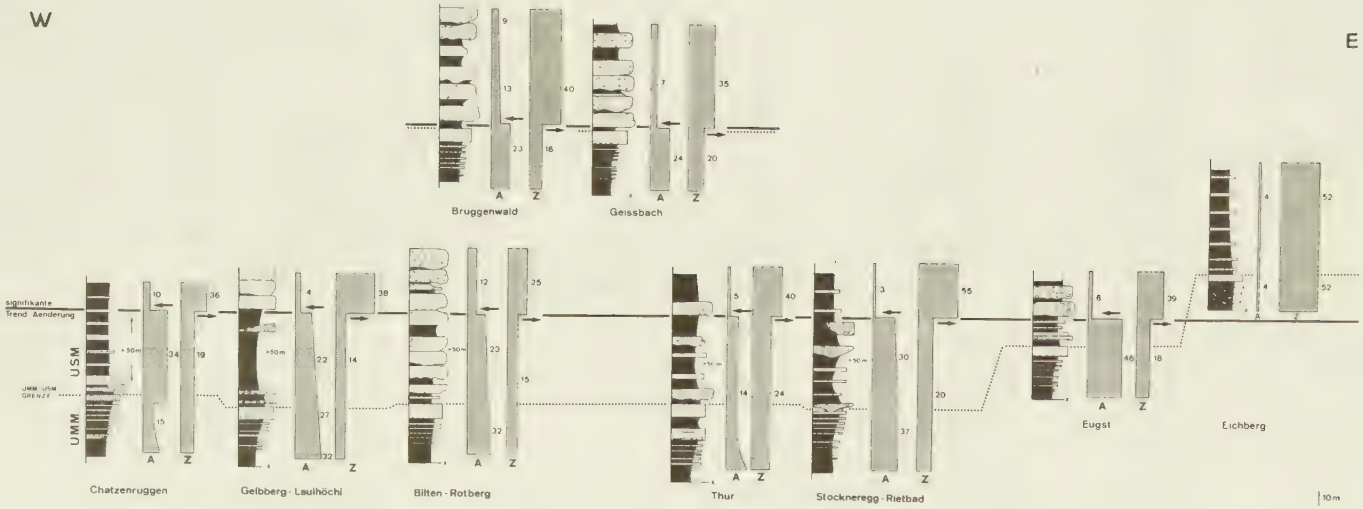
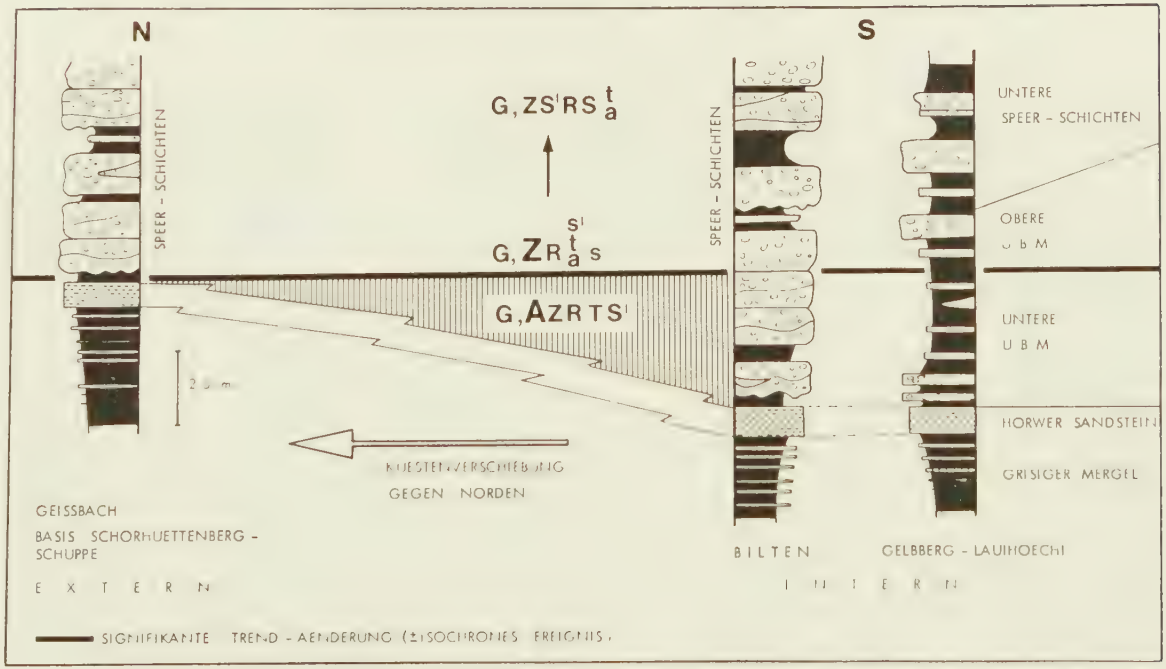


Fig. 58: Approximativer Verlauf der Trend-Aenderung im SM-Spektrum des UMM/USM-Grenzbereiches interner und externer Einheiten



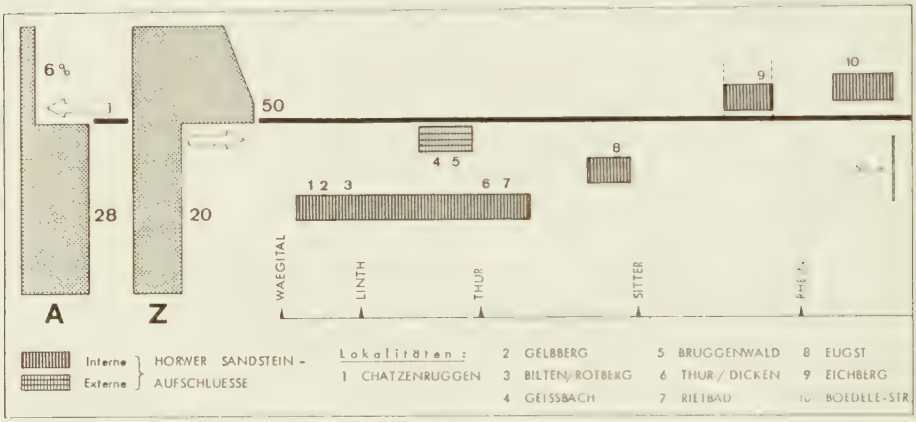
gleichzeitig erfassten.

Auffallend ist nun, dass diese neue Zirkon-Rutil-Fraktion in N liegenden Aufschlüssen unmittelbar über dem Horwer Sandstein-Horizont einsetzt und die Basis-Nagelfluhen der USM charakterisiert (GEISSBACH, BRUGGENWALD, Fig. 57,58). Diese Tatsache muss zweifellos als ein Indiz für die Heterochronität der Horwer Sandsteine in nördlicher Richtung gewertet werden. Versuchen wir diese Heterochronität etwas genauer zu fassen, so ergeben sich bei einer Sedimentmächtigkeit von minimal 30 Metern, welche im N fehlt und bei einer mittleren Sedimentationsrate von 0,3mm/Jahr (VAN HOUTEN 1974 und eigene Berechnungen) 100'000 Jahre, bei 50 Metern und 0,25mm/Jahr rund 200'000 Jahre, was paläontologisch niemals nachgewiesen werden kann und mit geologischen Zeitmassstäben gerechnet beinahe unbedeutend erscheint.

Ein immer jüngeres Alter dürften auch die Horwer Sandsteine gegen E aufweisen, da die charakteristische Aenderung im SM-Bild bei EUGST ca. 10-15m über der 7m mächtigen Horwer Sandsteinbank einsetzt. Bei EICHBERG tragen diese bereits das Spektrum der oberen UBM (Granat-Zirkon-Rutil-Kombination).Beide Lokalitäten liegen noch im Einflussbereich des Speer-Schuttfächers (vgl. Fig. 57 und 59).

Die Heterochronität der Horwer Sandsteine nach E kann ausser sedimentpetrographischen Kriterien noch durch eine Kleinsäuger-Fauna aus den untersten Weissach-Schichten an der BOLGENACH im distalen Bereich des Hochgrat-Fächers (ca. 90-100m über dem Baustein Schichten-Niveau) belegt werden, welche nach mündlichen Mitteilungen von K. HUENERMANN, Zürich und M. HUGUENEY, Lyon, in die Säugerzone NM O (CODERET - ob. Ober-Oligozän)zu stellen ist, während die Horwer Sandsteine, die UBM und Teile der Ebnater Schichten im TOGGENBURG Rupelian-Alter (Ostracoden, Pollen), auf keinen Fall jünger als unterstes Ober-Oligozän, anzeigen.

Fig. 59: Lage der Horwer Sandsteine von W nach E bezüglich der als isochrones Ereignis betrachteten SM-Aenderung



2.5.2. DIE STELLUNG DER SPITZBERG-SCHUPPE

Im WAEGITAL, am Westrande des Untersuchungsgebietes, biegen bei VORDERTHAL/ SZ die Nagelfluhbänke der Spitzberg-Schuppe aus einem annähernd E-W-Streichen fast senkrecht um und fallen durch ihr NNW-SSE-Streichen besonders auf. Dieses plötzliche Umbiegen ist schon von verschiedenen Autoren beschrieben und zu erklären versucht worden (BLUMER 1906, Arn. HEIM 1918, OCHSNER 1935, 1975, RENZ 1937 und HANTKE 1967).

Sedimentpetrographische Untersuchungen zeigen deutlich die Zugehörigkeit der Spitzberg - Nagelfluhen zum Rigi-Schuttfächer s.l. Es wechsellagern spinellfreie mit massiv spinellführenden Horizonten, welche nach den Gliederungskriterien STUERMS (1974: 34, 35, 41) der Scheidegg-Serie angehören.

Einflüsse der Speer-Schüttung s.str. können aufgrund der Absenz von Staurolith ausgeschlossen werden.

Die von HANTKE (1967:13) postulierte östliche Fortsetzung der Spitzberg-Schuppe kann nicht in der Melchterli-Planggenstock-Hirzli-Kette liegen, da sich diese vorwiegend aus Speer-Schichten aufbaut. Die Spitzberg-Schuppe repräsentiert somit das östlichste Vorkommen der Rigi-Schüttung s.l. in Nagelfluhfazies. Als Charakteristikum ihrer internen Lage darf wohl der Einfluss von alpenrandnahen, lokalen Flysch-Schüttungen vom Typus "Scheidegg" bezeichnet werden, während diese in externeren Schuppen (Pfifegg) zu fehlen scheinen und nur Interferenzen der beiden grossen Schüttungszentren im E und W nachgewiesen werden können.

2.6. ZUSAMMENSTELLUNG DER SEDIMENTPETROGRAPHISCHEN ERGEBNISSE

Legende zu Fig. 60: Sedimentpetrographische Mittelwerte der Schichten der UMM und USM

RB	Rietbad-Schichten	Stb	Stockberg-Schichten
GM	Grisiger Mergel		
Hw	Horwer Sandsteine		
uUBM	untere UBM	Kr	Krummenauer Schichten
oUBM	obere UBM	Ho	Hochalp-Schichten
Ebn	Ebnater Schichten	E	Ennetbüeler Schichten
Sp	Speer-Schichten(gesamt)	Hf	Hochfläschli-Schichten
obSp	Obere Speer-Schichten	Pf	Pfingstboden-Schichten
Wi	Wintersberg-Schichten		

Fig. 60: Sedimentpetrographische Mittelwerte der untersuchten Serien

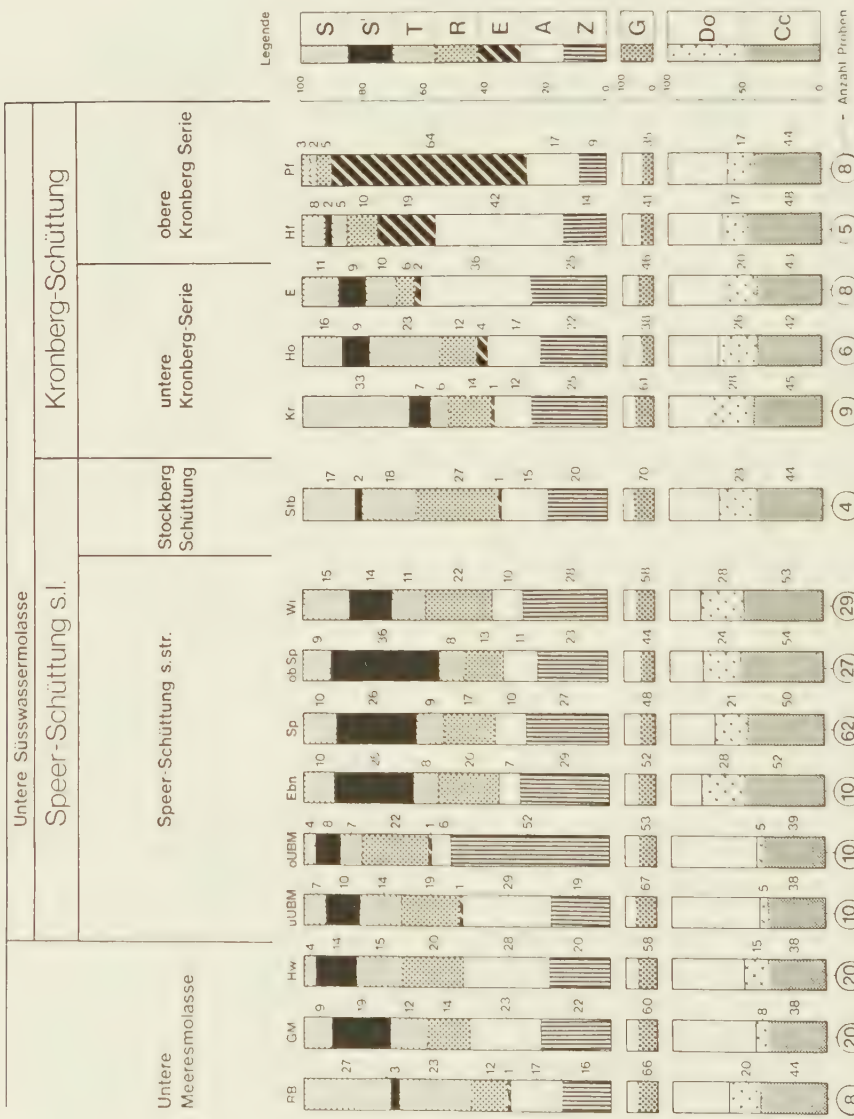
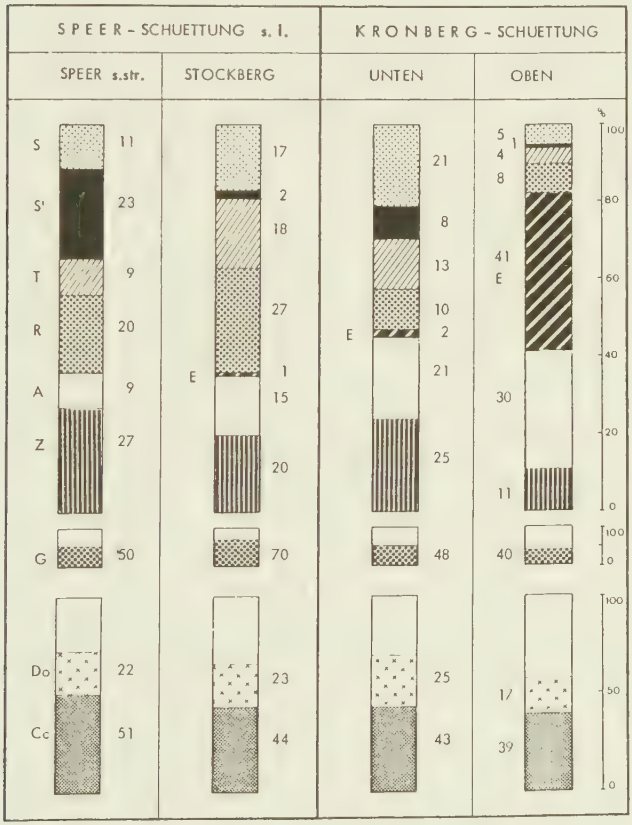


Fig. 61: Zusammenstellung der sedimentpetrographischen Mittelwerte der beschriebenen Schüttungen in der Unteren Süsswassermolasse



2.7. BEMERKUNGEN ZUR SEDIMENTPETROGRAPHIE

Trotz aller Skepsis und Kritik, die immer wieder den sedimentpetrographischen Untersuchungsmethoden, vorwiegend der Schwermineral-Analyse entgegengebracht werden, bestätigen diese Untersuchungen erneut, dass sich die lithologisch monotonen und nicht überaus fossilreichen Ablagerungen der Molasse mit Erfolg lithostratigraphisch definieren, gliedern und einzelnen Schuttfächern zuweisen lassen.

Jede Veränderung im SM-Spektrum innerhalb eines Schuttfächers (Schüttung) ist hauptsächlich auf eine Umgestaltung der distributiven Provinz zurückzuführen, da diese die SM-Vergesellschaftung in ihrem qualitativen Bestand festlegt. Alle folgenden Prozesse, ausgenommen authigene Neubildungen wie Baryt, führen nur noch zu einer quantitativen Verschiebung im Mineralbestand. Natürlich muss man sich über die Möglichkeiten und Grenzen dieser Methode vollends bewusst sein. Prozentwerte von Einzelproben erlauben in den seltensten Fällen eine genaue Lokalisierung im Standard-Profil. Nur eine Vielzahl von Proben garantiert Repräsentanz und darf zur sicheren Identifikation einer Abfolge bzw. Serie verwendet werden.
Erst beim Erkennen von Trends bei den die Schüttung prägenden Schwermineralien (Leitmineralien) ist eine signifikante Gliederung und Aussage möglich.

Der Nachweis analoger Trend-Entwicklungen in mehreren parallelen Profilen im zentralen Schuttfächerbereich (Speer-Schüttung s.str.) bestätigt daher die Eignung der SM-Analyse als gutes regionales Korrelationsinstrument. Schwierigkeiten treten nur im Marginalbereich("Overbank-Facies") einer Schüttung oder im Interferenzbereich von Schüttungen mit unterschiedlicher Provenienz auf.
Die Brauchbarkeit der SM-Analyse bestätigt allein schon die Tatsache, dass die Ebnater Schichten, früher als Hangendes der Speer-

Schichten betrachtet, vorerst aufgrund sedimentpetrographischer Kriterien als distales Aequivalent der Speer-Schichten erkannt und erst nachträglich durch biostratigraphische Daten verifiziert wurden. Bemerkenswert ist zudem, dass noch heute in den Erdölbohrungen des Schweizer Mittellandes die SM-Analyse zu Korrelationszwecken mit Erfolg praktische Anwendung findet.

3. BIOSTRATIGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN

3.1. ALLGEMEINES

Die detritischen Sedimente der UMM und USM der Ostschweizer Molasse wurden bis in die 70er Jahre als fossilarm betrachtet. Eine stratigraphische Einstufung der fluvioterrestrischen Ablagerungen der USM war nur aufgrund der relativ spärlichen Funde von Makrofossilien möglich, welche sich ausser den Wirbeltierfragmenten aus der Kohlengrube RUFI (STEHLIN 1922) und dem Urnäsch-Tal (HABICHT 1945a) vorwiegend auf Land- und Süsswasser-Schnecken und einzelne Pflanzen-Reste stützte.

Da die Mollusken wie auch die organischen Makro-Reste von den Bedingungen des Sedimentationsmilieus abhängig sind, sollten sie besser nur als paläoökologische Indikatoren als für biostratigraphische Zwecke und Korrelationen verwendet werden.

Die Biostratigraphie der UMM basiert vor allem auf Nannofossilien und Ostracoden. Für die kontinentalen Serien erwiesen sich in jüngster Zeit Klein-Säuger sowie Pollen und Sporen ohne Zweifel am geeignetsten, da sie auch ausserhalb des Sedimentationsmilieus eine beträchtliche Verbreitung aufweisen.

Obwohl die Pollen und Sporen durch den Wind-Transport meist eine sehr grosse horizontale Verbreitung haben, ist ihre Fossilisation in den fluvioterrestrischen Serien nicht unproblematisch, da sie oft sehr schnell oxidiert und zerstört werden.

Die Säugetiere erreichen dagegen keine so gleichmässige Verbreitung wie die Pollen und Sporen, da sie ans Festland gebunden sind. Ihre stratigraphische Bedeutung liegt jedoch in der raschen Entwicklung der einzelnen Arten. Die hohe Evolu-

tionsrate erlaubt eine sehr feine Unterteilung der kontinentalen Serien.

3.2. FUNDPUNKTE

Fig. 62: Geographische Uebersicht der Fossilfundstellen

● Schlämm-Proben

★ Pollen-Präparate

✕ bereits beschriebene Mikrofloren-Assoziationen (HOCHULI 1978)

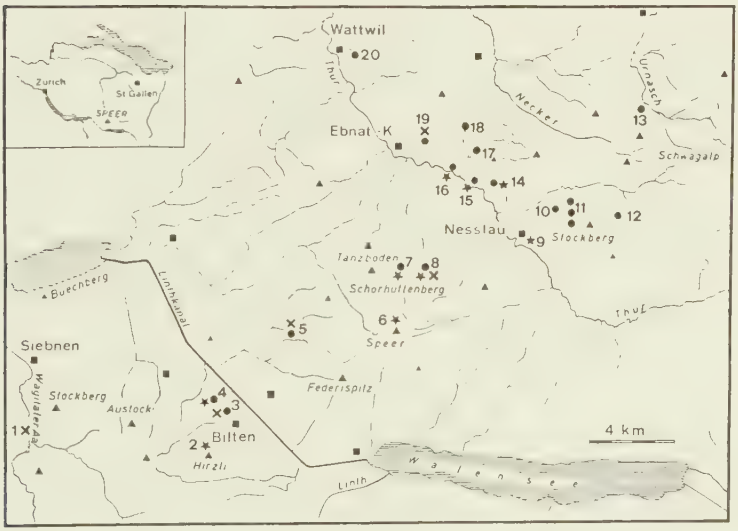


Fig. 63: Erläuterungen zu den Fossilfundstellen in Fig. 62

Fig. 63:

	LOKALITAET	KOORDINATEN	+	−	WEITERE FOSSILIEN
1	ISENBACH, WAEGITAL	710 560 / 223 [illegible]	×		
2	OBERE NIEDEREN	718 425 / 221 [illegible]		×	
3	UNTER BILTEN	719 475 / 223 [illegible]	×	●	
4	HAEMMERLIBERG	718 275 / 223 [illegible]	★	●	
5	KOHLENGRUBE RUFI	722 625 / 227 [illegible]	×	●	
6	SPEER - NORDWAND	727 620 / 227 [illegible]	★	●	
7	GEISSBACH	728 150 / 230 [illegible]		● ●	
8	BRUGGENWALD	729 200 / 230 [illegible]	★	●	
		729 825 / 230 [illegible]	×		
9	DICKEN, NESSLAU	734 000 / 231 [illegible]		×	
10	STRICK	734 775 / 233 [illegible]	●		
11	RIETBAD-TOBEL	KOTE 980 m	●		
		KOTE 1020 m	●		
		KOTE 1140 m	●		
	(Muschelagglomerat)	KOTE 1155 m	●		
		KOTE 1200 m		●	
12	CHATZENBACH	738 400 / 232 [illegible]		●	
13	ROSSFALL	739 375 / 238 [illegible]		●	
14	CHROMEN	731 975 / 234 [illegible]		★ ●	
15	KRUMMENAU, EGG	731 500 / 234 [illegible]	★ ●		
	RUEBACH	730 825 / 234 [illegible]		●	
16	WINTERSBERG-TREMPEL	730 250 / 234 [illegible]	★ ●		
17	HALDEN, BENDELBACH	731 150 / 235 [illegible]		●	
18	BENDEL	730 875 / 236 [illegible]		●	
19	STEINBRUCH SCHMITT EBNAT-KAPPEL	728 870 / 236 [illegible]	× ●		
20	DORFBACH WATTWIL	-	●	×	

(Symbole S.12 und 121)

3.3. PRAEPARATIONS - METHODEN

3.3.1. SCHLÄMMPROBEN

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Präparations-Verfahren ausprobiert, die KISSLING (1974:13-15) ausführlich beschreibt. Die besten Ergebnisse erzielte ich jedoch mit der Wasserstoff-

peroxid-Methode. Von den über 20 geschlämmten Proben erwiesen sich für Kleinsäuger-Zähne grau-schwarze, schneckenschalentrümmerführende, feinsandige Molasse-Mergel als am meisten fossilträchtig.

Aufbereitung der Proben

1. Mechanische Zerkleinerung des Ausgangsmaterials mittels Hammer auf 2-3cm grosse Gesteinsbruchstücke.
2. Trocknen der Probe bei etwa 80° Celsius
3. a) mergelige Gesteinsbruchstücke: Übergiessen mit 15% H_2O_2 und stehen lassen bis Sauerstoff-Blasenbildung aufhört
   b) bei kalkreichen Proben kann während 3a etwas Ameisensäure (10-15%) zugegeben werden.
4. Sieben der Probe, wobei 2 Siebsätze mit der Maschenweite von 0,4mm und 2mm verwendet werden.
5. Mehrmaliges Wiederholen von Punkt 2 und 3 für den Schlämm-Rückstand >0,2mm.
6. Vorsichtiges Trocknen des Schlämmgutes aus Sieb 0,4mm, anschliessend Fossilsuche mit Hilfe des Binokulars.

3.3.2. MIKROFLOREN - PRÄPARATION

Die Pollen- und Sporen-Präparation wurde nach der von KAISER & ASHRAF (1974) beschriebenen Methode am Geologischen Institut der ETH hergestellt, welche in HOCHULI (1978:6) zusammengefasst wiedergegeben ist.

3.4. DIE FOSSILFUEHRUNG DER UNTEREN MEERESMOLASSE

3.4.1. DIE RIETBAD - SCHICHTEN

Die Rietbad-Schichten sind äusserst fossilreich, doch beschränken sich die Mikro- wie auch die Makrofossilien auf wenige Gattungen.

3.4.1.1. MIKROFOSSILIEN

A. OSTRAKODEN

Fauna: (Tafel I)
Die tiefste Ostrakoden-führende Probe aus der Subalpinen Molasse der Ostschweiz entstammt dem Stockneregg-Profil (EG 14) und führt folgende Faunen-Elemente:

Cytheridea ventricosa (GOERLICH 1953)
Eucytheridea reticulata (GOERLICH 1953 ?)
Murrayina ? cf. lyrata (REUSS 1856)
Cytheromorpha cf. zinndorfi(LIENENKLAUS 1905)
Loxoconcha aff. delemontensis (OERTLI 1956)
Loxoconcha aff. punctatella (REUSS 1850)

Fazies:
Das Fehlen von rein marinen Formen und die Häufigkeit der Arten der beiden Gattungen Cytheridea und Loxoconcha weisen auf brackisches Milieu hin (< 18‰ Salzgehalt). Als zusätzliches Brackwasser-Indiz darf das Fehlen einer autochthonen Foraminiferenfauna gewertet werden. Das Auftreten der Gattung Eucytheridea weist zudem auf eine Ablagerung im Flachwasserbereich hin (litoral bis 130m nach van MORKHOVEN 1963:301), was sedimentologische Untersuchungen (Deltaablagerung im Wellenbereich) zusätzlich bestätigen können.

Alter:

Auch die Rietbad-Schichten müssen aufgrund der nachgewiesenen Aehnlichkeiten der Ostrakoden-Faunen in den hangenden Grisiger Mergeln der Ostschweiz und des Allgäus ins R u p e l i a n gestellt werden. Dies scheinen auch die Nannoplankton-Untersuchungen zu bestätigen, welche auf mittleres Rupelian (=mittl. Mittel-Oligozän) schliessen lassen. Unteroligozänes Alter (Lattdorfian) steht nicht zur Diskussion.

B. NANNOFOSSILIEN

Die meisten Präparate aus der UMM führen sehr wenig Nannofossilien oder sind steril. Die Rietbad-Schichten führen eine Nannofossil-Vergesellschaftung, die sich vorwiegend aus umgelagerten Kreide- und Ober-Eozän-Formen zusammensetzt.

Die wichtigsten Formen sind: (Präp. R2)

Coccolithus floridanus (ROTH & HAY)
Dictyococcites abisectus MÜLLER
Dictyococcites bisectus MÜLLER
Discoaster deflandrei BRAMLETTE & RIEDEL
Ericsonia subdisticha (ROTH & HAY)
Ericsonia fenestrata (DEFLANDRE & FERT)
Ericsonia ovalis BLACK
Isthmolithus recurvus DEFLANDRE
Lanternithus minutus STRADNER
Orthozygus aureus (STRADNER)
Pontosphaera multipora (KAMPTNER)
Prinsiaceen HAY & MOHLER
Reticulofenestra umbilica (LEVIN)
Rhabdosphaera tenuis (BRAMLETTE & WILCOXON)
Sphenolithus moriformis (BRÖNNIMANN & STRADNER)
Sphenolithus predistentus BRAMLETTE & WILCOXON
Zygrablithus bijugatus (DEFLANDRE)

Als autochthon und mit stratigraphischem Aussagewert darf Dictyococcites abisectus bezeichnet werden, der nach MÜLLER (1970 , und mündl. Mitt.) in der Sphenolithus distentus-Zone (NP 24) einsetzt und somit ein Maximalalter der Rietbad-Schichten wiedergibt. Während Ericsonia subdisticha als umgelagert zu betrachten ist, könnte die kleine Form von Sphenolithus predistentus

durchaus noch autochthon sein und möglicherweise doch oberste NP 23 anzeigen. Diese Vermutung wird einerseits gestützt durch das Fehlen von H. recta, welche auf die Zonen NP 24 und NP 25 beschränkt ist und im Rupelian der Vorland-Molasse Bayerns beobachtet wurde, sowie durch das Fehlen von Sphenolithus ciperoensis. Die Gegenwart von Orthozygus aureus ist kennzeichnend für flaches küstennahes Wasser und bestätigt die Faziescharakterisierung anhand von Ostrakoden.

3.4.1.2. MAKROFOSSILIEN

A. LAMELLIBRANCHIATEN

In den stark bioturbierten Partien des Rietbad-Sandsteins ist die Gattung Corbicula (MEGERLE v. MUEHLFELDT 1811) äusserst individuenreich vertreten und in Form von Skulptursteinkernen erhalten. Ob im speziellen Polymesoda convexa vorliegt, kann nicht beurteilt werden. Ferner treten Arten aus der Familie der Cardiiden auf, die durch ihre kräftig ausgebildeten Radialrippen und besonders durch ihre Kleinwüchsigkeit auffallen. Da die Corbiculiden heute im Brackwasser und in Mündungsgebieten von Flüssen leben, die Cardien marines - brackisches Milieu bevorzugen, ergänzen sie ausgezeichnet das durch sedimentologische Untersuchungen gewonnene Faziesmodell.

B. ELASMOBRANCHIER

Auf den Schichtflächen der Rietbad-Sandsteine, konnten zwei Zähne aus den Familien der Sand- und Makrelen-Haie gefunden werden. Aufgrund ihres guten Erhaltungszustandes und ihres Fehlens in den hangenden Schichten der UMM und USM sind sie nicht als umgelagert zu betrachten.

Fig. 64: Ostrakoden aus der Unteren Meeresmolasse bei RIETBAD/Luterental

				Cytheridea ventricosa GOERLICH 1953	Cytheridea aff. pernota OERTLI & KEIJ 1955	Eucytheridea reticulata GOERLICH 1953 ?	Schuleridea aff. perforata ROEMER 1838	Murrayina ? cf. lyrata REUSS 1856	Cytheromorpha cf. zimdorfi LIENENKLAUS 1905	Loxoconcha aff. delemontensis OERTLI 1956	Loxoconcha aff. punctatella REUSS 1850	Loxoconcha sp.	Bosquetina sp. A WITT 1967	Bosquetina sp. ? umgelagert	[illegible]	[illegible]	Krythe sp.	Herpetocypris sp. [illegible]
Untere Meeresmolasse	Horwer Sandsteine	SANDSTEIN - FAZIES mit MERGELN & MUSCHELAGGLOMERAT	737 100 / 233 390															
	obere Grisigermergel	HETEROLITHISCHE FAZIES	736 255 / 233 200 Kote 1140															
	untere Grisigermergel	MERGEL - FAZIES	736 200 / 233 600 Kote 1020															
	Rietbad - Schichten	OBEN: SANDSTEIN - FAZIES UNTEN: MERGEL - FAZIES	734 900 / 233 160															
TAFEL FIG				1		2	9	4		8	3		7		5		6	10

Ordnung	:	Selachii
Unterordnung	:	Galeoidea
Familie	:	Odontaspidae
Art	:	Odontaspis acutissima (AGASSIZ)
Familie	:	Isuridae
Gattung	:	Isurus sp.

3.4.2. DIE GRISIGER MERGEL

A. OSTRAKODEN (Tafel I und Fig. 64)

Die in Figur 64 aufgeführte Fauna aus den Unteren Grisiger Mergeln (R 5, reine Mergel-Fazies) enthält neben marinen Formen wie Bosquetina und Pterigocythereis auch Gattungen, die im Brackwasser mit weniger als 18‰ Gesamtsalzgehalt auftreten können (Cytheridea, Loxoconcha und Cytheromorpha).
Die Gegenwart von marinen Formen und einer ? autochthonen Zwergforaminiferenfauna lassen im Gegensatz zu den Rietbad-Schichten auf ein Milieu grösserer Salinität, auf brachyhalines Meerwasser (>16,5‰) schliessen.
Küstennähe wird jedoch durch Herpetocypris sp. und feinsten Pflanzenhäcksel dokumentiert.
In der heterolithischen Fazies der Grisiger Mergel ist die relative Artenarmut und das Fehlen mariner Formen zweifellos ein gutes Indiz für Brackwasser-Verhältnisse (Fig. 64).

Rupelian-Alter ist weiterhin durch Cytheridea ventricosa belegt.

B. NANNOFOSSILIEN

Die Probe R 6 auf Kote 1050m, an der Basis der heterolithischen Fazies der Grisiger Mergel führt beinahe dasselbe Nannofossil-Spektrum wie R 2 aus den Rietbad-Schichten. Während Ericsonia fenestrata nach MÜLLER (mdl. Mitt.) ein spezielles Milieu anzeigt,

dürfte durch Dictyococcites abisectus und Helicopontosphaera recta (HAQ) der Nachweis der Zone NP 24 (mittl.- oberes Rupelian) in den Grisiger Mergeln endgültig erbracht worden sein (vgl. MÜLLER 1970 und STEININGER et al. 1976).

C. MAKRO - RESTEN

An Makro-Resten seien noch kleinwüchsigere Formen von Cardien und Corbiculiden erwähnt. Oft sind sie nur horizontweise anzutreffen. Ferner finden sich recht zahlreich Fischschuppen von Clupea longimana (HECKEL), vereinzelt kleine Fischzähnchen und Holzresten (vgl. HABICHT 1945a:91 und FREI 1976:54).

3.4.3. DIE HORWER SANDSTEINE

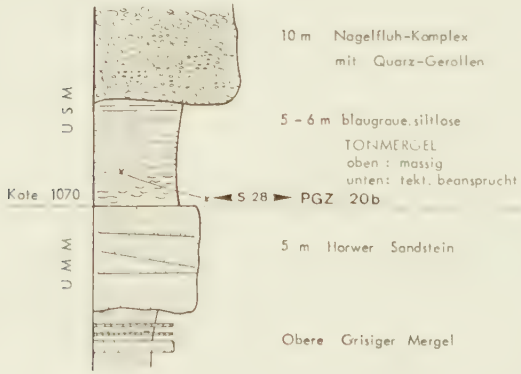
Tafel I und Fig. 64

In der typischen Strand (Beach)-Fazies der Horwer Sandsteine lassen sich ausser Pflanzen- und Holzresten kaum Fossilien finden. Nur dort, wo lagunäre Bedingungen herrschten, oder durch besondere Ereignisse (Stürme, Regression des Meeres und Aussüssung) Thanatocoenosen von Lamellibranchiaten entstanden, sind die für die Biostratigraphie uninteressanten Formen von Cardien und Corbiculiden zu finden.
Aus einem solchen Muschelagglomerat liess sich eine Ostrakodenfauna bergen, welche nebst Cytheridea ventricosa, Murrayina ? cf. lyrata, Loxoconcha sp.(juvenil ?), Schuleridea aff. perforata auch mehrere marine Vertreter aufweist: Cytheropteron emmeneggeri, Krythe sp., Pterigocythereis ceratoptera und Bosquetina sp.
Zweifellos wäre es falsch aufgrund der marinen Formen auf brachyhalines Meerwasser zu schliessen, da sie durch Umlagerungsanzeichen v.a. bei Bosquetina sp. und durch ihr Vorkommen zu-

sammen mit kleinsten Gastropoden, Foraminiferen, Fischzähnchen und inkohlte Pflanzenreste ihre Allochthonie genug bekunden. Diese Fossil-Akkumulation im Strandbereich mit marinen Vertretern und dem Fehlen von kontinentalen Invertebraten muss als weiteres Indiz für das aus sedimentologischen Untersuchungen resultierende Faziesmodell gewertet werden, wonach im oligozänen UMM-Restmeer Wellen und Stürme die Sedimentation stark beeinflussten ("wave- and storm dominated facies").

Das Rupelian-Alter der Horwer Sandsteine kann durch palynologische Untersuchungen bestätigt werden, indem die Floren-Assoziation aus einem grauschwarzen siltlosen Tonmergel 50cm über 5m mächtigen, massigen Horwer Sandsteinen (S 28, BRUGGENWALD, Ebnater Steintal) der Florenzone 20b angehört(Fig. 66, S. 132).

Fig.: Profil durch den UMM/USM-Grenzbereich im Bruggenwald



3.5. DIE FOSSILFUEHRUNG IN DEN FLUVIOTERRESTRISCHEN ABLAGERUNGEN DES SPEER-SCHUTTFAECHERS

3.5.1. DIE SPEER-SCHICHTEN

Aus der konglomeratreichen Fazies im proximalen Schuttfächer-Bereich sind keine Funde von Kleinsäugern zu verzeichnen.
Die Datierung beruht allein auf pollenanalytischen Kriterien (HOCHULI 1978).

3.5.1.1. UNTERSTE SPEER-SCHICHTEN (Basis USM)

Die Probe S 28 stammt aus den Mergeln, welche unmittelbar über den Horwer Sandsteinen des BRUGGENWALD im Ebnater Steintal liegen.

Mikroflora (vgl. Fig. 65 und 66)

Die Pollen und Sporen sind in diesem Sediment gut erhalten. Thermophile Elemente dominieren das Pollen-Spektrum. Häufigste Form ist jedoch Caryapollenites simplex. Daneben fällt die Vielzahl thermophiler Farnsporen auf. Von den Leitformen der PGZ 20b konnte Boehlensipollis hohli mehrmals nachgewiesen werden, während Aglaoreidia cyclops fehlt.
An arktotertiären Elementen seien Graminidites subtiliglobosus, Zonalapollenites maximus, Verrucingulatisporites verrucatus und Polyporopollenites undulosus (Zelkova) erwähnt. Das Spektrum der Fazies-Elemente wird durch die Vorherrschaft der Pinaceen geprägt, Alnus ist eher selten. Die Häufigkeit der Luftsackpollen (Pinus silvestris und P. haploxylon) und die Gegenwart von Algenzysten (Pleurozonaria) deuten auf eine Sedimentation in kaum bewegtem Wasser hin.
Die Absenz der Dinoflagellaten-Zysten lässt auf wenig umge-

lagertes Material schliessen.

Das gemeinsame Vorkommen von Boehlensipollis, Monocolpollenites tranquillus und Graminidites subtiliglobosus ermöglicht eine eindeutige Zuordnung der Flora in die Paläogen-Zone 20b (oberes Mittel-Oligozän).

Fig. 66: Mikro-Flora Basis Speer-Schichten

THERMOPHILE ELEMENTE	ARKTOTERTIAERE ELEMENTE
Boehlensipollis hohli Monocolpollenites tranquillus Podocarpidites indet. Verrucatosporites favus Leiotriletes maximus Leiotriletes wolffi Triletes multivallatus Triletes indet. Cicatricosisporites paradorogensis	Verrucingulatisporites verrucatus Zonalapollenites maximus Polyporopollenites undulosus (Zelkova) Graminidites subtiliglobosus
INTERMEDIAERE ELEMENTE	**FAZIES - ELEMENTE**
Milfordia hungarica Caryapollenites simplex Ephedripites tertiarius Cedripites fsp.	Pleurozonaria Polyvestibulopollenites verus Pityosporites fsp. (Pinaceen)

Die Pollen-Assoziation aus S 28 unterscheidet sich nur unwesentlich von der um rund 100m höher liegenden Probe Steintal 1, welche HOCHULI (1978:29) untersuchte.

3.5.1.2. MITTLERER ABSCHNITT DER SPEER-SCHICHTEN

Die Probe S 8 aus der Nordwand des SPEER (1950), ca. 50m unterhalb des Speer-Gipfels,repräsentiert immer noch eine Floren-Assoziation, welche für die Paläogen-Zone 20b charakteristisch ist. Die thermophilen Elemente treten bereits etwas zurück und

sind nur noch durch Boehlensipollis und Cicatricosisporites paradorogensis vertreten. Aglaoreidia sowie Monocolpopollenites tranquillus fehlen. Unter den intermediären Formen können nach wie vor Ephedripites tertiarius sowie Caryapollenites simplex nachgewiesen werden, während bei den arktotertiären Elementen neu Sciadopityspollenites serratus und Picea erscheinen. Taxodiaceen treten vermehrt als Fazies-Elemente in Erscheinung, dagegen ist eine deutliche Abnahme der Luftsack-Pollen (Pinaceen) festzustellen.
Umgelagertes Material ist häufig, nachzuweisen sind Pollen und Sporen aus der Oberkreide (Oculopollis cf. zaklinskaiae, Classopollis, Appendizisporites) und aus dem Alt-Tertiär (Foveasporites agathoecus).

Die umgelagerte Phytoplanktonflora ist recht artenreich:

Areoligeria
Spiniferites ramosus
Achomospaera sagena
Deflandrea spinulosa
Cordospaeridium inodes
Cyclonephelium ordinatum

3.5.1.3. OBERER ABSCHNITT DER SPEER-SCHICHTEN

HOCHULI (1978:36) beschreibt eine Mikro-Flora aus der Pflanzenfundstelle UNTER-BILTEN, welche er durch das Hervortreten der intermediären und arktotertiären Typen mit der Flora der Neogenzone I vergleicht.

Nach sedimentpetrographischen Kriterien muss diese Pflanzenfundstelle aufgrund des enormen Spinell-Anteiles von 44% in den o b e r e n Speer-Schichten liegen.
Eigene Untersuchungen an Pflanzen-und Gastropoden-führenden

Mergeln der oberen Speer-Schichten des HAEMMERLIBERG (vgl. OCHSNER 1975:85) lassen wegen der geringen Pollendichte keine Aussage zu.

Mikroflora HAEMMERLIBERG

Thermophile Vertreter	:	Myricaceen, Cicatricosisporites dorogensis, cf. Baculatisporites
Intermediäre Vertreter	:	Polyatriopollenites stellatus (Pterocarya), relativ häufig
Arktotertiäre Vertreter	:	Verrucingulatisporites verrucatus
Fazies-Elemente	:	Taxodiaceen, Pinus haploxylon
Umgelagert	:	Dinoflagellaten, monolete Kreide-Sporen und Normapollis-Typen

Die Pflanzenfundstelle WAEGITAL/ISENBACH, welche nach HOCHULI (1978:37) eine Einstufung in die Neogen-Zone I erlaubt, repräsentiert nach sedimentpetrographischen Kriterien (40% Spinell, 20% Staurolith) den Uebergangsbereich obere Speer-/ Wintersberg-Schichten.

Die Ablösung der Florenzone 20b durch die Neogen-Zone I dürfte innerhalb der oberen Speer-Schichten zu suchen sein.

3.5.2. DIE EBNATER SCHICHTEN

Die Ebnater Schichten repräsentieren nach sedimentpetrographischen Kriterien das distale Aequivalent der Speer-Schichten und sind in mergeliger bis sandiger Fazies entwickelt. Die meist mittel- bis grobkörnigen Dolomitarenite zeigen oft eine steilwinklige Kreuzschichtung (trough cross bedding) und führen im oberen Teil vereinzelt Geröllschnüre, Geröll-Linsen und kleingeröllige Nagelfluhen.

Aus dem Steinbruch SCHMITT (728 870/236 475) Gemeinde EBNAT-KAPPEL,

der im oberen Teil der Ebnater Sandsteine liegt, stammt sowohl eine Mikroflora als auch eine reiche Kleinsäuger-Fauna. Beide erlauben unabhängig von einander eine stratigraphische Einstufung ins oberste Mittel-Oligozän bzw. unterstes Oberoligozän. Neben den Wirbeltierresten enthalten die Schlämm-Rückstände des Sedimentes viele Fruchtreste, Oogonien von Characeen, Ostrakoden, Otolithen und Schlundzähne von Cypriniden.

3.5.2.1. FLORA

Makro-Reste lassen sich im Steinbruch SCHMITT äusserst selten finden. Erwähnenswert sind einzig Blätter von Acer Ruminianum.

A. POLLEN UND SPOREN

HOCHULI (1978:30) beschreibt eine Mikroflora, in der die thermophilen Elemente, im spez. Engelhardtioidites microcoryphaeus, Tricolporopollenites macroduriensis und Aglaoreidia cyclops, dominieren.

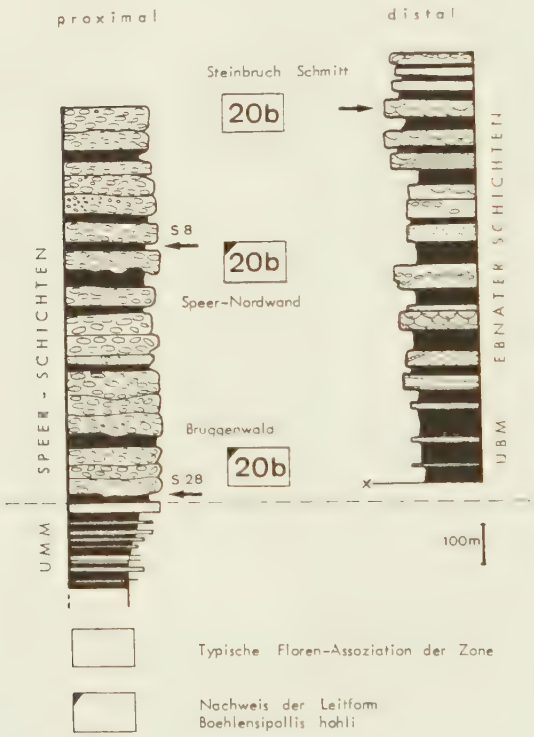
HOCHULI stellt diese Pollen-Assoziation aufgrund des Nachweises der Leitform Aglaoreidia cyclops und des verhältnismassig hohen Anteils arktotertiärer Typen, darunter Polyporopollenites undulosus (Zelkova) und Graminidites subtiliglobosus in die Paläogen-Zone 20b. Dies bedeutet, dass mindestens 2/3 der Ebnater Schichten, sowie die UBM, nicht jünger als 20b sein können.

Da die Mikroflora im distalen Bereich aus einem höheren stratigraphischen Niveau stammt als jene der äquivalenten Speer-Schichten (vgl. Fig. 67) und das Dach der Speer-Schichten bereits der Neogen-Zone I angehört, ist die von HABICHT (1945a) postulierte lithostratigraphische Gliederung der Subalpinen Molasse der Ostschweiz (Ebnater Schichten sind als Hangendes der Speer-Schichten zu betrachten) nicht nur anhand sedimentpetrographischer Kriterien, sondern auch aufgrund palynologischer

Untersuchungen zu modifizieren.

Die Ebnater Schichten sind als gleichaltriges distales Aequivalent der Speer-Schichten zu betrachten.

Fig. 67: Lage der Floren-Assoziationen in den Speer-/Ebnater Schichten des Toggenburgs



B. FRUCHTRESTE

Die gefundenen Fruchtreste sind mehr von paläoökologischem als von stratigraphischem Interesse. Sie ergänzen das bereits durch Taxodiaceen und Aquifoliaceen postulierte feuchte Biotop am Ufer eines Gewässers (Flussufer, Altwasserlauf, Hochwasser-Bereich) ausgezeichnet:

Aldrovandia (Droseraceae)
Stratiotes kaltennordheimensis (ZENKER)
Celtis (Ulmaceae)
Monocotyledonen-Samen, ? Sparganiacee
Nyssa - Tupelobaum (Cornaceae)

C. CHAROPHYTEN

In einer grau-schwarzen, gastropodenführenden Mergelschicht an der Basis des abgebauten Ebnater Sandsteins findet sich eine Vielzahl von Characeen, von denen keine der 3 Arten exakte stratigraphische oder paläoökologische Indikationen liefern.

Nitellopsis (Tectochara) meriani (L. und N.GRAMBAST) GRAMBAST und SOULIE-MAAERSCHE ssp. globula Maedler
Tafel II, Abb. 1
Vorkommen: Stampian - Torton

Stephanochara ungeri FEIST-CASTEL, Tafel II, Abb. 2
Vorkommen: Ober-Oligozän - Ober-Miozän

Sphaerochara aff. ulmensis (STRAUB) GRAMBAST
Tafel II, Abb. 3
Vorkommen: Stampian - Torton

3.5.2.2. FAUNA

An dieser Stelle sei nochmals Mme. M. HUGUENEY, Lyon, für die Bestimmung der Wirbeltier-Reste sowie deren stratigraphische Ausdeutung recht herzlich gedankt.

S A E U G E T I E R E

A. NAGETIERE (Rodentia)

1. C r i c e t i d e n (=Wühler)

Eucricetodon quercyi VIANEY- LIAUD (Tafel III, Abb.1-4)

Die Zähne dieses Cricetiden sind gross. Die unteren Molaren weisen meistens einen hinteren Arm im Hypoconid auf. Die M_3 sind etwas reduziert und der obere M^1 zeigt einen zurückgebogenen Mesoloph. All diese Charakteristika tragen jene Formen, welche M. VIANEY-LIAUD unter dem Namen *E. quercyi* aus der Fundstelle PECH-DU-FRAYSSE (QUERCY) beschrieben hat. Die Dimensionen der Zähne von EBNAT-KAPPEL sind durchaus vergleichbar mit jenen von PECH-DU-FRAYSSE.

Adelomyarion sp. (Tafel III, Abb. 5-7)

Diese Form ist ohne Zweifel der Linie *Adelomyarion vireti* HUGUENEY zuzurechnen. Trotz ihrer Aehnlichkeit zeigen die Funde aus dem Steinbruch SCHMITT primitivere Züge; insbesondere dadurch, dass bei den meisten unteren Molaren ein Mesolophid vorhanden ist. Adelomyarion wurde noch nie aus einem altersmässig vergleichbaren Niveau beschrieben. Mittlerweile werden jedoch einige Zähne der Cricetiden-Kollektion von PECH-DU-FRAYSSE, welche in MONTPELLIER (F) stationiert ist, zu Adelomyarion gestellt.

2. S c i u r i d a e (=Hörnchen)

Palaeosciurus sp. vom Aussehen von *P. goti* VIANEY-LIAUD

Heteroxerus cf. costatus FREUDENBERG (Tafel III, Abb. 8a, 8b)
Die beiden gefündenen Zähne, ein P^4 und ein M_3 sind vom Typus *Heteroxerus* und scheinen sehr nahe der beschriebenen Form von GAIMERSHEIM zu sein.

3. G l i r i d a e (=Schläfer)

Gliravus bruijni HUGUENEY (Tafel III, Abb. 11)

23x

Eine gewisse Anzahl der Gliriden-Zähne sind dieser Art zuzuordnen, charakterisiert durch die Reduktion des Mesolophids und seiner Tendenz zur Verschmelzung mit dem Hypoconid.

Gliravus majori STEHLIN & SCHAUB
Diese Art ist ungefähr gleich gross wie *G. bruijni*, zeigt aber im Gegensatz dazu ein langes Mesolophid, das seitlich in einem Mesoconid endigt.

Peridyromys murinus POMEL (Tafel III, Abb. 12)

23x

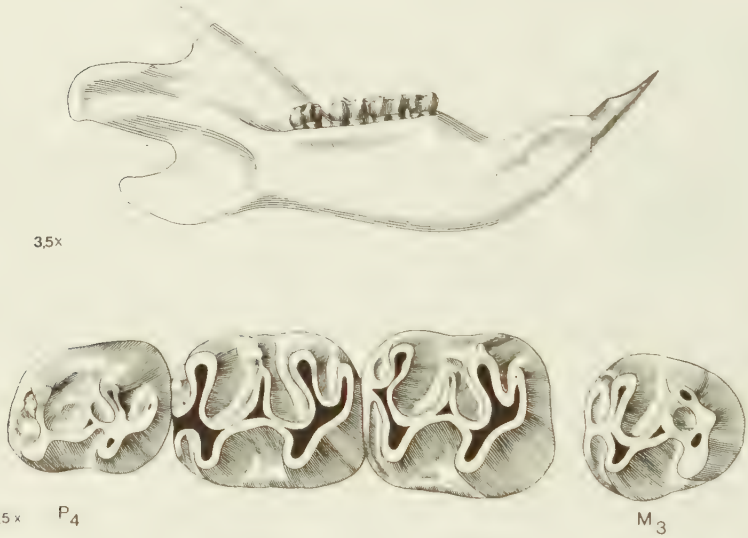
Mehrere Zähne belegen diese Form

4. E o m y i d a e

Während die Cricetiden- und Gliriden-Zähne vor allem aus Schlemmproben stammen, konnte U. OBERLI auf einer Fläche von 2-3 m^2 in der liegenden Mergelschicht über 20, z.T. vollständige Eomyiden- Unter- und Oberkiefer sowie einige Schädel bergen.

Eomys major FREUDENBERG (Tafel IV, Abb. 1-3)

Fig. 70 Eomys major: Mandibel P_4 - M_3
(Seiten- und Kauflächen-Ansicht)



Dimensionen:		
	P_4	1.2/1.1
	M_1	1.4/1.2
	M_2	1.5/1.3
	M_3	1.1/1.1

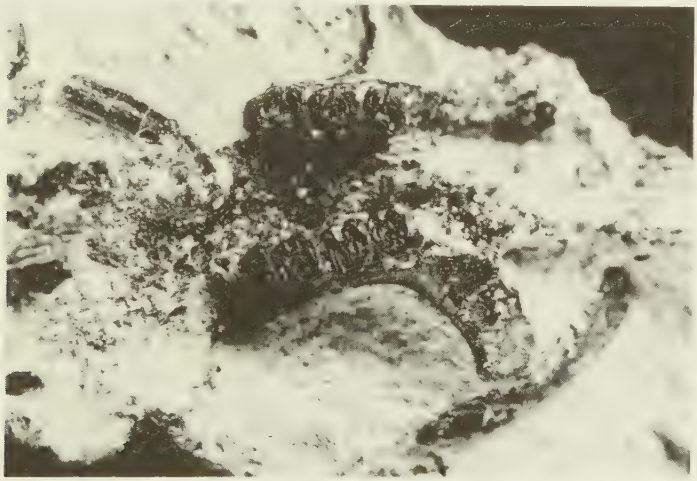
Messungen an den oberen Molaren zeigen, dass sie exakt mit jenen von *Eomys major* von GAIMERSHEIM korrespondieren (FAHLBUSCH 1970:79). Die Länge P_4-M_3 von 5,2mm ist ebenfalls ver-

gleichbar mit FREUDENBERGS Messungen an *Eomys major* (Länge P_4-M_3 = 4,7-5,3mm in FAHLBUSCH, 1970:20).

Eomys zitteli SCHLOSSER

Messungen an Ober- und Unterkieferzähnen von *Eomys zitteli* bestätigen ebenfalls eine vollkommene Uebereinstimmung mit den Formen von GAIMERSHEIM.

Fig. 71: Oberkiefer von Eomys zitteli aus dem Steinbruch Schmitt, EBNAT-KAPPEL



Dimensionen:	M^3	M^2	M^1	P^4
dextral		1.08/ 1.23	1.22/ 1.30	1.12/ 1.11
sinistral	0.79/ 1.05	1.06/ 1.25	1.22/ 1.31	1.04/ 1.09

Fig. 72: Kauflächen-Ansicht zu Fig. 71 'Eomys zitteli,17,5x
oben : M^2 - P^4 dext.
unten : M^3 - P^4 sin.

5. T h e r i d o m y i d a e

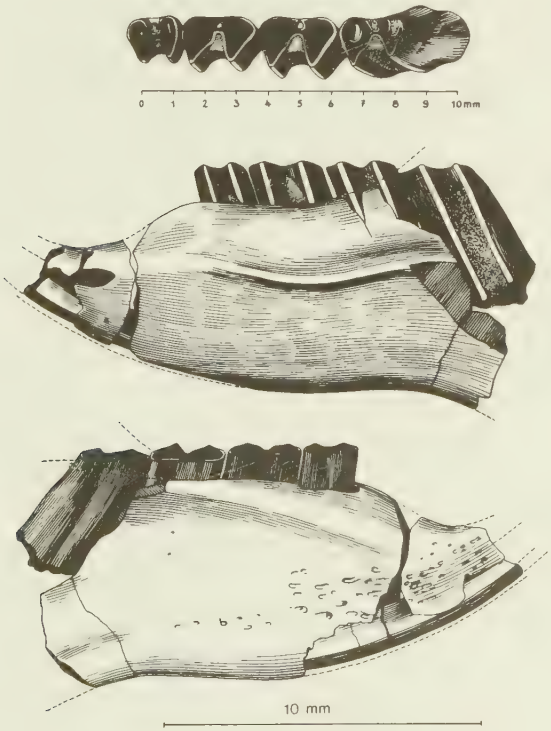
Archaeomys intermedius VIANEY-LIAUD (Tafel IV, Abb. 4)

Fig. 73: A. intermedius M^3 - P^4 sup.sin. , 17.5x

Ein vollständiges Maxillare zeigt dieselben Strukturen und Dimensionen wie die Formen von PECH-DU-FRAYSSE und von GAIMERSHEIM. Es ist etwas kleiner verglichen mit den Maxillen der bekannten Kollektion von COURNON und lässt somit auch auf ein höheres Alter als die Fundstelle von COURNON schliessen.

Issiodoromys quercyi SCHLOSSER (Tafel IV, Abb. 6)
Diese ziemlich häufig auftretende Form (über 30 Kieferfragmente) korrespondiert mit *I. quercyi* sowohl durch ihre Grösse und ihre Hypsodontie als auch durch das lange Persistieren der Synklinalen und das spärliche Vorkommen von Zement.

Fig. 74: I. quercyi P^4 - M^3



Issiodoromys sp. 2

Unter den Issiodoromys-Formen lässt sich ohne Zweifel noch eine andere Art nachweisen, welche von geringerer Grösse ist und deutliche morphologische Unterschiede zu I.quercyi aufzeigt. Die Beschreibung dieser Art soll einer speziellen Publikation vorbehalten bleiben.

Zusammenfassung

Die Mehrheit der Arten der Kleinsäugerfauna von EBNAT-KAPPEL lassen sich mit sehr ähnlichen Strukturen und Dimensionen in den Fundstellen von PECH-DU-FRAYSSE (QUERCY) und von GAIMERSHEIM wiederfinden.

PECH-DU-FRAYSSE und GAIMERSHEIM werden der Säuger-Subzone von BONINGEN zugeordnet, welche Teil der Biozone von COURNON (THALER, 1965) ist.

B. HUFTIERE

1. P a a r h u f e r (Artiodactyla)

Gebiss- und Knochenfragmente bestätigen die Gegenwart von *Caenotherium sp.* und *Amphitragulus sp.*.

2. U n p a a r h u f e r (Perissodactyla)

Es sind Gebissreste eines Tapiriden nachweisbar.

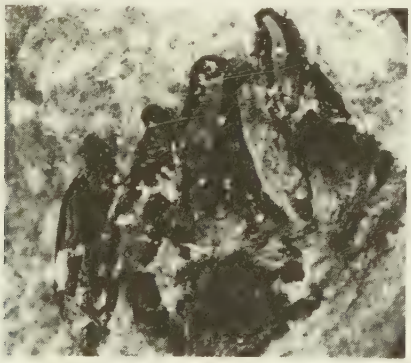
U E B R I G E T E T R A P O D E N

Während Schildkrötenpanzer in Form von Skulptursteinkernen vorliegen, lieferte das Schlämmgut noch vereinzelte Krokodil-Zähne und Panzerplattenfragmente von ophisaurusähnlichen Schleichen.

F I S C H E

Die Schlundzähne von Cypriniden weisen auffallend hohe Abkau-Stadien auf, sodass die meisten der über 50 Exemplare nicht mehr bestimmbar sind. Ein grosser Teil der Schlundzähne müssen *Eurydens* zugewiesen werden, während die anderen von *Scardinius*, *Tinca* und *Leuciscus* stammen.

Fig. 75: Leuciscus-Zähne auf Schlundknochen
Steinbruch Schmitt Ebnat-Kappel



Nebst diesen Zähnen, welche weder biostratigraphische noch paläo-ökologische Indikationen liefern, konnten noch 19 Otolithen isoliert werden. F.C. STINTON bestimmte darunter 2 neue Arten, die in STINTON & FREI (1979) beschrieben wurden.

Familie: Chandidae

Dapalis rectangularis sp. nov. (Tafel II,Abb.4,5)

Familie: Gobiidae

Gobius sectus STINTON & KISSLING
(Tafel II, Abb.7-9)

Gobius irregularis sp. nov.
(Tafel II, Abb. 6)

O S T R A K O D E N

Die 7 Ostrakoden aus dem Ebnater Steinbruch SCHMITT gehören der Gattung Herpetocypris sp. an und repräsentieren nach OERTLI (schr. Mitt.) typisches Chattian in limnischer Fazies. Er erwähnt dabei, dass diese Probe ebensogut aus den Tüllinger Mergeln bei BASEL stammen könnte.

EINE WEITERE FUNDSTELLE IN DEN EBNATER SCHICHTEN

Aus dem Steinbruch HARTMANN (Ebnat-Kappel), der stratigraphisch etwas höher als jener von SCHMITT liegt, stammt der suiforme Paarhufer Microbunodon (HUENERMANN 1967:682), sowie eine reichhaltige Makroflora.
H. OBERLI, Wattwil, der diese Flora aufsammelte und mit HANTKE bearbeitete, fand nebst der Dominanz von Cinnamomum polymorphum (A.BRAUN) mit 63%, cf. Rhamnus inaequalis (HEER), eine Styracacee?,mit 18% und Salix(13%) noch weitere Blätter von:

Fraxinus, cf. Fr. inaequalis
Juglans ?
Quercus
Myrica
Myrtus ?
Cotinus orbiculata (HEER)
Liquidambar europaea (A.BRAUN)
Taxodium dubium (HEER)
Acer Ruminianum (HEER)
Zelkova ungeri KOV.

3.5.3. DIE WINTERSBERG - SCHICHTEN

3.5.3.1. FLORA

Eigene palynologische Untersuchungen in den Wintersberg-Schichten des locus typicus (WINTERSBERG/TOGGENBURG) ergaben keine aussagekräftigen Resultate. Das Pollenspektrum in der vorwiegend konglomeratischen Fazies der Wintersberg-Schichten ist einerseits sehr schlecht erhalten und besteht andererseits zum grössten Teile aus umgelagerten Dinoflagellaten-Zysten und Kreide-Pollen.

Die aus der Kleinsäuger-Fundstelle TREMPEL stammende Probe führt Leiotriletes maxoides und cf. Baculatisporites als thermophile Vertreter, während bei den arktotertiären Elementen Sciadopitys-pollenites serratus und ? Tricolporopollenites spinus (schlechte Erhaltung) gefunden werden konnte. Taxodiaceen, Pinaceen und Laevigatosporites haardti repräsentieren die Fazies-Elemente.

HOCHULI (1978:36) beschreibt ein Pollen-Spektrum aus der Kohlengrube RUFI bei SCHAENIS, welches die typischen Merkmale der Neogen-Zone I zeigt. Nach sedimentpetrographischen Kriterien muss dieser Kohlehorizont innerhalb der Wintersberg-Schichten liegen.

3.5.3.2. FAUNA

Kohlengrube RUFI (722 725/227 275)
STEHLIN (1922) beschreibt *Caenotherium sp.*, *Tapirus cf. intermedius* und *Aceratherium sp. (?)*. Aufgrund des Entwicklungsgrades des Obermolaren von Caenotherium lässt sich auf voraquitanes Alter schliessen.

Säugerfundstelle WINTERSBERG-TREMPEL (730 250 / 234 725)
Anlässlich der Strassenkorrektur bei TREMPEL konnte aus einem helizidenführenden, schwarzen Mergelhorizont (? Paläosol) der obersten Wintersberg-Schichten eine Kleinsäuger-Fauna ausgeschlämmt werden, welche altersmässig mit CODERET - KUETTIGEN vergleichbar ist.

1. C r i c e t i d a e

Adelomyarion vireti HUGUENEY (Tafel V, Abb. 6)
Der M^1 (1.51 x 1.06) aus dem linken Oberkiefer hat dieselbe Morphologie wie der Specie-Typus von CODERET. Er ist jedoch etwas kleiner.

Eucricetodon cf. collatus oder *cf. quercyi* (Tafel V, Abb. 5a,b)
Der isolierte erste Molar des linken Unterkiefers ist unbestimmbar, weil seine Grösse und seine Morphologie gemeinsame Charakteristika mit *E. collatus* und *E. quercyi* zeigen.

2. E o m y i d a e

Der häufigste Kleinsäuger der Fauna WINTERSBERG-TREMPEL ist der durch 7 ganze und mehrere Fragmente von Backenzähnen nachweisbare *Rhodanomys schlosseri transiens* HUGUENEY.

Dimensionen:

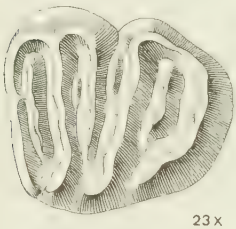
P_4 dext.	1.00 x 0.92		
P_4 dext.	1.12 x 1.23	Tafel V	Abb. 2
M_{1-2} sin.	1.16 x 1.19		
M_{1-2} dext.	1.15 x 1.14	Tafel V	Abb. 1
M_{1-2} sin.	1.00 x 1.21		
M_2 sin.	1.22 x 1.20	Tafel V	Abb. 3
M^2 dext.	1.06 x 1.26		

Die Zähne sind den Formen von CODERET strukturell sehr ähnlich, liegen jedoch an der oberen Grenze der Variation dieser Referenz-Lokalität. Da die Molaren von Rhodanomys im Laufe der Zeit kleiner werden, könnte die Fundstelle WINTERSBERG-TREMPEL etwas älter als CODERET selbst sein.

3. G l i r i d a e

Gliridae indet. M_3 sin. (1.24 x 1.22) Tafel V, Abb. 7

Fig. 76



Diese Form von der Grösse von *Pseudodryomys fugax* von CODERET unterscheidet sich von dieser Art durch zusätzliche Cristae beidseits des Zentrolophids. Vielleicht ist sie verwandt mit den nicht näher bestimmten Gliriden aus DIEUPENTALE, welche von S.BAUDELOT & Ph. OLIVIER (1978) beschrieben wurden.

4. T h e r i d o m y i d a e

Archaeomys laurillardi

Fig. 77

Der gefundene M^2 sin. ist deutlich weiter entwickelt als die Formen von EBNAT-KAPPEL, was sich durch das nähere Beisammensein der Rippen manifestiert.

Zur Ergänzung der Faunenliste dieser Fundstelle sei erwähnt:

1 Molar von *Palaeochoerus sp.*

1 Kieferfragment von *Ophisaurus sp.* (Tafel IV, Abb. 5) sowie diverse Panzerplattenfragmente.

Bei den Gastropoden handelt es sich vorwiegend um Triptychien und Cepaeen (? *Cepaea subsulcosa*).

3.6. DIE FOSSILFUEHRUNG IN DEN FLUVIOTERRESTRISCHEN ABLAGERUNGEN DES KRONBERG-SCHUTTFAECHERS

In den sedimentpetrographisch definierten Schichten der Kronberg-Schüttung lassen sich wegen der vorherrschenden konglomeratischen Fazies nur wenige, für die stratigraphische Einstufung brauchbare Fossilien finden.
Eine Pollen- bzw. Faunenassoziation aus der selben Lokalität liegt nur aus den Krummenauer Schichten vor. Dies erlaubt immerhin den Beginn der Aktivität der Kronberg-Schüttung zeitlich festzuhalten.

Häufig dagegen sind Gastropoden-Funde (HABICHT 1945:54) erwähnt, v.a. *Triptychia (Triptychia) antiqua* (ZIETEN) und *Omphalosagda subrugulosa* (QUENSTEDT). Sie scheinen sich auf den Kronberg-Schuttfächer zu beschränken.

3.6.1. KRUMMENAUER SCHICHTEN

Die heute nicht mehr zugängliche Fundstelle liegt hinter einer Stützmauer am Südost-Ende der Umfahrungsstrasse von KRUMMENAU/SG (731 500 / 234 200)

Als fossilreichste Schicht erwies sich die im Hangenden eines

mehrere Meter mächtigen Nagelfluh-Komplexes liegende siltige, bituminöse Mergelschicht.

Fig. 78: Detailprofil durch die Säugerfundstelle KRUMMENAU

3.6.1.1. FLORA

Im Pollen-Spektrum von KRUMMENAU treten die thermophilen Floren-Elemente mengenmässig wieder stärker hervor, wobei Momipites punctatus deutlich dominiert. Häufigste Form ist jedoch Verrucatosporites alienus. Stratigraphisch bedeutsam ist das Wieder-Erscheinen von Leiotriletes. Diese Gattung konnte nämlich in der Neogen-Zone I infolge der gemässigten Klimaphase nur sehr selten nachgewiesen werden. Eine Umlagerung dieser Spore halte ich für unwahrscheinlich, da nur ein geringer Prozentsatz der Mikroflora in Form von aufgearbeiteten Pollen aus der Kreide & dem Alt-Tertiär

(Nudopollis sp.,Plicapollis und Classopollis) vorkommt. Zudem darf bei dieser Fazies (Kohle, bituminöse Mergel und Süsswasserkalke) auf ein ziemlich ruhiges Sedimentationsmilieu geschlossen werden.

Als Vertreter der arktotertiären Elemente sind Verrucingulatisporites, Peripollopollenites stigmosus (Liquidambar) und Polyporopollenites undulosus (Zelkova) zu nennen. Auffallend ist vorallem die Seltenheit von Zelkova, verglichen mit stratigraphisch tiefer liegenden Proben, Sciadopityspollenites serratus scheint sogar ganz zu fehlen.

Bei den intermediären Elementen dominiert neben Ephedripites tertiarius Caryapollenites simplex.
Das Spektrum der Fazies-Elemente führen Taxodiaceen vor Pinaceen, Sequoiapollenites fsp. und Inaperturopollenites fsp. an.

Die Pollen-Assoziation ist aufgrund der Häufigkeit von Momipites punctatus, der Seltenheit von Zelkova und dem Auftreten von Leiotriletes der Neogen-Zone II zuzuordnen, was untermiozänes Alter bedeutet.

3.6.1.2. FAUNA

1. L a g o m o r p h a (Hasenartige)

Die 3 oberen Zähne, wovon 2 zerbrochen sind, könnte mit der Gattung *Marcuinomys* verglichen werden, die aus einem ähnlichen Niveau wie "Saint-Gérand" stammt.Nicht auszuschliessen ist auch eine Zuordnung zu *Amphilagus (?antiquus)* (vgl. TOBIEN 1963: 21, Abb. 4b.)

Fig. 79: M^2 dext., Kaufläche und Ansicht von hinten

2. Eomyidae

Rhodanomys schlosseri

Pseudotheridomys sp.

Fig. 80: Rhodanomys schlosseri M^{1-2} sin.,

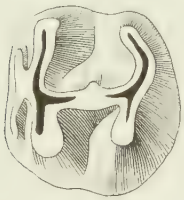


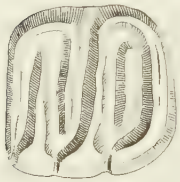
Fig. 81: cf.Apeomys turkheimae FAHLBUSCH

Dieser Zahn weist infolge der Auflösung der longitudinalen Crista auf einen ziemlich hohen Evolutionsgrad hin und scheint mit der von FAHLBUSCH gefundenen Species A.turkheimae in Weissenburg 6 identisch zu sein.

3. G l i r i d a e

Peridyromys murinus POMEL (Tafel V, Abb. 11 und Fig. 82)

Fig. 82: M_{1-2} sin. , ca. 23x



Die 3 Zähne des linken Unterkiefers liefern keine genaue stratigraphische Hinweise.

4. A r t i o d a c t y l a

Caenotherium sp. (Tafel V, Abb. 12)

3.6.1.3. ALTER DER SAEUGER-FUNDSTELLE

Die Lokalität KRUMMENAU ist sicher dem Aquitan zuzuordnen und gehört ohne Zweifel einem etwa gleichaltrigen Niveau von "St. Gérand" (NM 1-NM 2a) an. Die Basis der Kronberg-Schüttung weist sowohl nach wirbeltierpaläontologischen als auch nach pollenanalytischen Kriterien ein Alter von unterstem Unter-Miozän auf (ca. 23 Millionen Jahre).

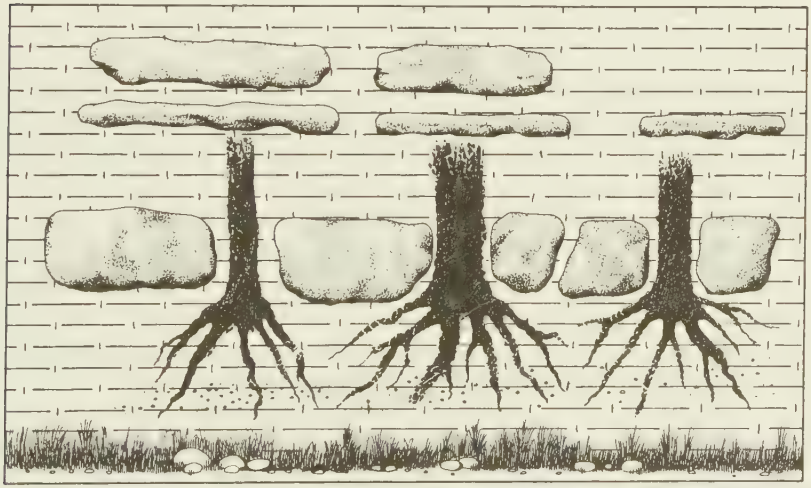
3.6.1.4. VERGLEICH MIT DER SAEUGER-FUNDSTELLE HOEHRONEN

Die Wirbeltier-Fundstelle HOEHRONEN (vgl. SCHLANKE 1974:318-322) wird aufgrund des Vorkommens des Theridomorphen Issiodoromys noch dem Oligozän zugewiesen, da die Basis des Aquitans nach Ansicht der Wirbeltier-Paläontologen durch das Verschwinden der Theridomorphen charakterisiert ist.
'HOEHRONEN' scheint daher eher etwas älter zu sein als 'KRUMMENAU', jedoch jünger als WINTERSBERG-TREMPEL.

3.6.2. DIE HOCHALP - SCHICHTEN

Am westlichen Schuttfächerrand der Kronberg-Schüttung, zwischen ENNETBUEL und NESSLAU, treten die Hochalp-Schichten in mergelig-sandiger Fazies zusammen mit Nagelfluhen von Lokalcharakter auf. Ausser dem Nachweis einer fossilen Baumgruppe, welche anhand der geborgenen Makroreste auf Cinnamomum polymorphum, Liquidambar und Taxodiaceen schliessen lässt, kann nichts Spektakuläres verzeichnet werden. Die aufbereiteten Proben (vgl. Fig.62 und 63) waren ausser stark zerdrückten Gastropoden bezüglich Mikroflora und Wirbeltier-Reste vollkommen steril.

Fig. 83: Schematische Darstellung der Aufschlussverhältnisse an der Strasse NEU ST.JOHANN - BENDEL (731 975 /234 200)



Inkohlte Baumstämme mit einem Durchmesser von mehr als 50cm und einer Länge von 2.5m stehen vertikal zur Schichtfläche zwischen fein- bis mittelkörnigen, sehr harten Meter-mächtigen Kalksandstein-Knollen. Selbst die Jahrringe liessen

sich noch erkennen. Die Wurzeln lagen in dunkelgrau-blau bis schwärzlichen Mergeln. Die meisten Blatt-Reste wurden an der Basis des Sandstein-Horizontes gefunden. Dieser dokumentiert ein katastrophenähnliches Ereignis eines über die Ufer getretenen Flusses. Die Durchmesser der Baumstämme lassen auf eine längere, mehrere Jahrezente dauernde, ablagerungsfreie oder -arme Periode vor dieser Ueberschwemmung schliessen (vgl. FREI 1976). Sedimentologisch handelt es sich um ein Paradebeispiel eines Crevasse-Splay-Event's.

3.7. DIE FOSSILFUEHRUNG UND ALTER DES GRANITISCHEN SANDSTEINS IM AUFGERICHTETEN SUEDSCHENKEL DER MITTELLAENDISCHEN MOLASSE

Die 3 Kleinsäugerzähne stammen aus einer Gastropodentrümmerführenden Mergelschicht an der Basis des epidotreichen Granitischen Sandsteins des Wattwiler DORFBACH-Tobels. Die Mergel führen keine Mikroflora.

1. G l i r i d a e

Fig. 84: *Glirudinus cf. modestus* DEHM

M_{1-2} sin. (0.92x0.84)

Dieser Molar weist wegen der Präsenz von 2 zusätzlichen kleinen Cristen im Trigonid einen höheren Evolutionsgrad als *G. bouziguensis* von BOUZIGUES auf und dürfte daher der jüngeren Art *G. modestus* sehr nahe stehen.

2. E o m y i d a e

Fig. 85: *Ligerimys antiquus* P^4 sin. (1.05x1.14)

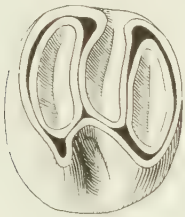
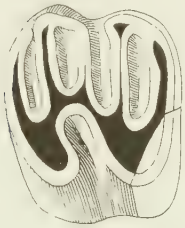


Fig. 86: *Pseudotheridomys* M^{1-2} sin. (0.95x1.23)



Die beiden Zähne aus dem linken Oberkiefer sind der Uebergangspopulation Pseudotheridomys - Ligerimys zuzuordnen.
Das Fehlen des Mesolophs im P^4 weist auf eine Form hin, die Ligerimys bereits sehr nahe kommt.
Diese Zähne korrespondieren in Grösse und Form mit den Exemplaren, die FAHLBUSCH(1970) aus dem untersten Burdigalian von BISSINGEN beschrieben hat.

Die Fundstelle 'WATTWIL' scheint daher jünger als jene von BOUZIGUES zu sein und dürfte in einem vergleichbaren Niveau wie BISSINGEN liegen. Unterstes Burdigalian ist also nicht auszuschliessen, da 'WATTWIL' im Bereich der Säugerzonen NM 2b-NM 3 liegt, wobei M. HUGUENEY eher NM 3 annimmt.

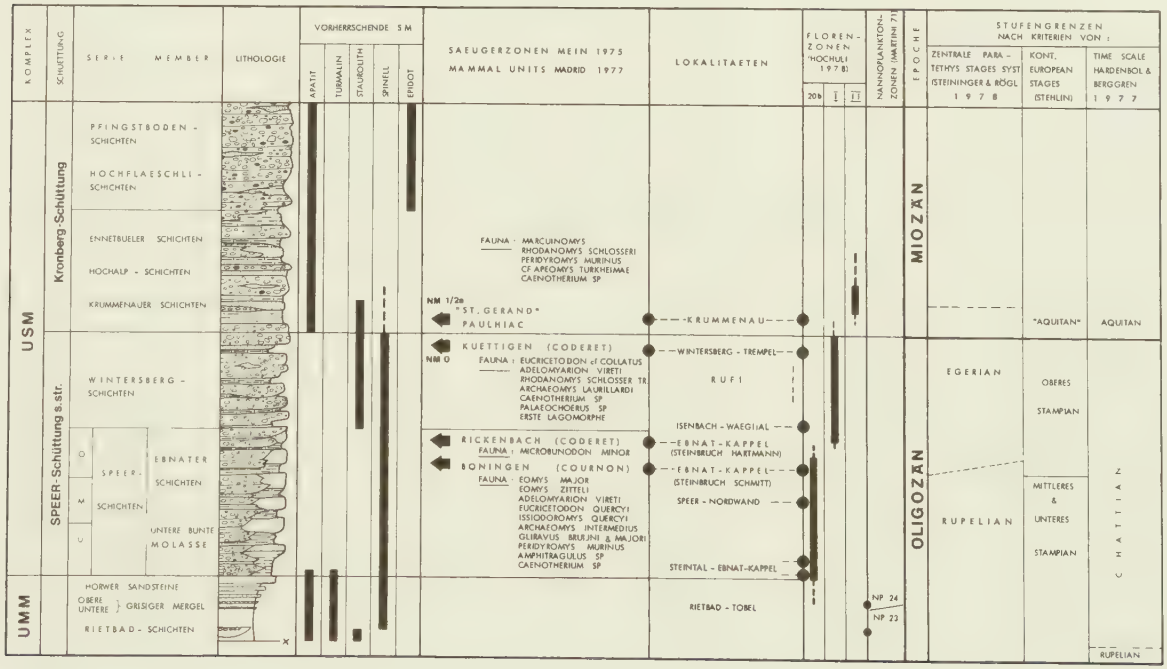
3.8. ZUSAMMENFASSUNG DER BIOSTRATIGRAPHISCHEN DATEN UND DER VERSUCH EINER CHRONOSTRATIGRAPHISCHEN EINSTUFUNG

Als einigermassen gesichert darf in Fig. 87 die Oligozän / Miozän-Grenze im untersuchten Gebiet betrachtet werden.
Die Eingabelung basiert einerseits auf der Fundstelle WINTERSBERG-TREMPEL, (oberste Wintersberg-Schichten), welche mit der Subzone KUETTIGEN oberes Ober-Oligozän repräsentiert und andererseits auf der Fundstelle KRUMMENAU (mittl. Krummenauer Schichten), die aufgrund der nachgewiesenen Säugerzonen NM1 - NM2a unterstes Unter-Miozän anzeigt.

Mit den pollenanalytischen Untersuchungen erhalten wir ein weiteres Indiz:
Die obersten Speer-Schichten und die knapp 900 m mächtigen Wintersberg-Schichten liegen in der Neogen-Zone I. Während die Fundstelle TREMPEL im oberen Teil dieser Neogen-Zone I liegt und oberoligozänes Alter attestiert, bekundet 'KRUMMENAU' mit der Neogen-Zone II (Basis) sicheres untermiozänes Alter. Die Oligozän/Miozän-Grenze scheint ungefähr mit dem Versiegen der Speer- und dem Aktivwerden der Kronberg-Schüttung zusammenzufallen.

Schwierigkeiten gibt jedoch die Unterteilung des Oligozäns infolge der Anwendung von verschiedenen regionalen Stufen.
Während die Säuger- und Mikrofloren-Lokalität Steinbruch SCHMITT/EBNAT-KAPPEL nach säugetierpaläontologischen Aspekten an der Basis des oberen Stampians (="Chattian") liegt, muss aufgrund der palynologischen Ergebnisse nach den Stufen der westlichen und zentralen Paratethys auf oberes Rupelian (oberstes Mittel-Oligozän) geschlossen werden.

Fig. 87: Zusammenstellung der biostratigraphischen Zonierungen in der Subalpinen Molasse der Nordost-Schweiz ►►


KOMPLEX
SCHICHTUNG
SERIE MEMBER
LITHOLOGIE
VORHERRSCHENDE SM
APATIT
TURMALIN
STAUROLITH
SPINELL
EPIDOT
SAEUGERZONEN MEIN 1975
MAMMAL UNITS MADRID 1977
LOKALITAETEN
FLOREN-ZONEN (HOCHULI 1978)
20b
I
II
NANNOPLANKTON-ZONEN (MARTINI 71)
EPOCHE
STUFENGRENZEN NACH KRITERIEN VON:
ZENTRALE PARA-TETHYS STAGES SYST (STEININGER & RÖGL 1978)
KONT. EUROPEAN STAGES (STEHLIN)
TIME SCALE HARDENBOL & BERGGREN 1977
USM
Kronberg-Schüttung
PFINGSTBODEN-SCHICHTEN
HOCHFLAESCHLI-SCHICHTEN
ENNETBUELER SCHICHTEN
HOCHALP-SCHICHTEN
KRUMMENAUER SCHICHTEN
FAUNA: MARCUINOMYS
RHODANOMYS SCHLOSSERI
PERIDYROMYS MURINUS
CF APEOMYS TURKHEIMAE
CAENOTHERIUM SP
NM 1/2a
"ST. GERAND"
PAULHIAC
KRUMMENAU
MIOZÄN
"AQUITAN"
AQUITAN
SPEER-Schüttung s.str.
WINTERSBERG-SCHICHTEN
O
M
U
SPEER-SCHICHTEN
EBNATER SCHICHTEN
UNTERE BUNTE MOLASSE
KUETTIGEN (CODERET)
NM 0
FAUNA: EUCRICETODON cf. COLLATUS
ADELOMYARION VIRETI
RHODANOMYS SCHLOSSER TR
ARCHAEOMYS LAURILLARDI
CAENOTHERIUM SP
PALAEOCHOERUS SP
ERSTE LAGOMORPHE
WINTERSBERG-TREMPEL
RUFI
ISENBACH-WAEGIIAL
RICKENBACH (CODERET)
FAUNA: MICROBUNODON MINOR
EBNAT-KAPPEL (STEINBRUCH HARTMANN)
BONINGEN (COURNON)
FAUNA: EOMYS MAJOR
EOMYS ZITTELI
ADELOMYARION VIRETI
EUCRICETODON QUERCYI
ISSIODOROMYS QUERCYI
ARCHAEOMYS INTERMEDIUS
GLIRAVUS BRUJNI & MAJORI
PERIDYROMYS MURINUS
AMPHITRAGULUS SP
CAENOTHERIUM SP
EBNAT-KAPPEL (STEINBRUCH SCHMITT)
SPEER-NORDWAND
STEINTAL-EBNAT-KAPPEL
OLIGOZÄN
EGERIAN
OBERES STAMPIAN
MITTLERES & UNTERES STAMPIAN
RUPELIAN
CHATTIAN
RUPELIAN
UMM
HORWER SANDSTEINE
OBERE UNTERE GRISIGER MERGEL
RIETBAD-SCHICHTEN
RIETBAD-TOBEL
NP 24
NP 23

Ich bin jedoch der Ansicht, dass die von HOCHULI(1978:4 + 15) vollzogene Korrelation der Obergrenze der Paläogen-Zone 20b mit der Rupelian/Egerian-Grenze aufgrund der wenigen korrespondierenden Daten noch zu überprüfen ist. Meiner Meinung nach dürfte die Paläogen-Zone 20b noch ins allerunterste Egerian reichen (unterstes Ober-Oligozän) wie dies die Kleinsäuger- sowie die Ostrakoden-Fauna (typisches Chattian in limnischer Fazies) postulieren.
Die Rupelian/Chattian-Grenze bzw. die Rupelian/Egerian-Grenze, die nach STEININGER & ROEGL (1978) identisch ist, muss innerhalb der fluvioterrestrischen Ablagerungen der unteren- und mittleren Speer-Schichten liegen und nicht wie frühere Bearbeiter, welche die Faziesgrenze UMM/USM als Zeitgrenze Rupelian/Chattian interpretierten.

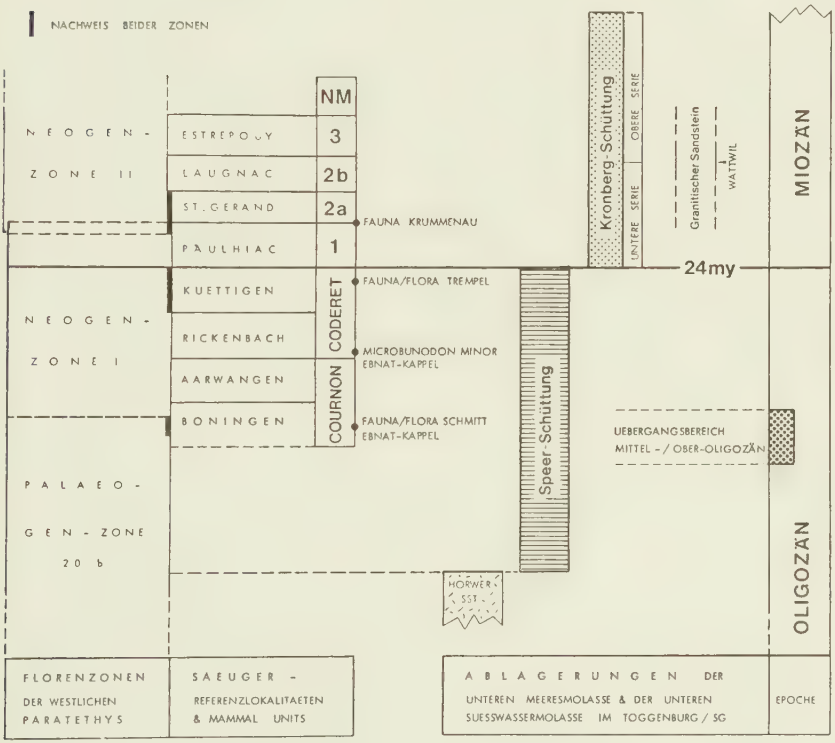
Nach HARDENBOL & BERGGREN (1977) ist das Chattian (Standard age) durch die Foraminiferen-Zonen *Globigerina ampliapertura, Globorotalia opima opima* und *Globigerina ciperoensis* definiert (32-24 my.). Aufgrund der vorliegenden Nannofossil-Zonen wäre durch die Anwendung dieses Standard-Systems die gesamte aufgeschlossene UMM und die Speer-Schüttung der Nordost-Schweiz ins Chattian zu stellen.

3.9. KORRELATIONSVERSUCH ZWISCHEN DEN FLOREN-ZONEN DER WESTL. PARATETHYS UND DEN SAEUGER-ZONEN (MAMMAL UNITS)

Die Korrelation mariner und terrestrischer Ablagerungen ist noch heute mit grossen Schwierigkeiten behaftet.
In der Meinung, dass nur auf palynologischer Basis der Anschluss der kontinentalen Sedimente der USM an den marinen Sedimentationsraum der zentralen und westlichen Paratethys oder an den mediteranen gefunden werden kann, soll die folgende

Figur anhand des beschränkten Materials eine Möglichkeit darstellen und Diskussionsgrundlage sein.

Fig. 88: Korrelation von Floren- und Säuger-Zonen (FAHLBUSCH 1975)



4. SEDIMENTOLOGIE

(FACIES & DEPOSITIONAL ENVIRONMENT)

4.1. EINLEITUNG

Die sedimentologischen Untersuchungen beschränken sich hauptsächlich auf die Untere Meeresmolasse und den Grenzbereich UMM/USM. Durch eine genaue Bestandesaufnahme von Sedimentstrukturen, Korngrösse, Textur, Sand/Ton-Verhältnis, Bankdicke, Bioturbationsgrad, der Spuren- und Körper-Fossilien wird die Grundlage für eine lithofazielle Drei- bzw. Vier-Teilung der Unteren Meeresmolasse in der Nordost-Schweiz geschaffen.

Dies ist nicht neu, haben doch schon frühere Bearbeiter (KAUFMANN 1872, MOLLET 1921, FROEHLICHER 1933, BAUMBERGER 1934, OCHSNER 1935, BUXTORF et al. 1941 und HABICHT 1945a) aufgrund lithofazieller Kriterien eine Zwei- resp. Drei-Teilung vorgenommen. Die letzte Bearbeitung der UMM bezüglich paläogeographischer Ausdeutung, der Korrelationsprobleme, des Sedimentationsmechanismus und der Abgrenzung erfolgte durch RUTSCH (1961:27-32; 1962:13-24).

Durch die Charakterisierung der Lithofazies-Typen und durch Vergleich mit rezenten Environments bzw. Sub-Environments wird versucht, auf die paläohydrodynamischen Bedingungen des zur Zeit des mittleren Oligozäns noch existenten Meeres im alpinen Vorlandtrog zu schliessen und ein Faziesmodell zu entwickeln. Ich bin mir bewusst, dass wegen der extremen Variabilität der physikalischen und biologischen Prozesse in diesem Environment und der atypischen Natur der rezenten Schelfbereiche, verglichen mit einstigen Flachwassermeeren, wahrscheinlich nicht nur ein Sedimentationsmodell existieren kann. Aufgrund von Untersuchungen möchte ich hier lediglich eine Möglichkeit aufzeigen.

Die Lithofazies-Klassifikation basiert auf jener von BOERSMA (in Ginsburg 1976), die teilweise durch COLLINSON, ELLIOT und READING (1978) für den sublitoralen Bereich spezifiziert wurde.

4.2. BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DER LITHOFAZIELL GEGLIEDERTEN UNTEREN MEERESMOLASSE

4.2.1. DIE RIETBAD - SCHICHTEN (Rang: SERIE)

(Definition)

Zugehörigkeit: Die Rietbad-Schichten sind als Liegendes der Grisiger Mergel-Serie und somit als Basis der UMM in der NO-Schweiz aufzufassen.

Gliederung: Die Rietbad-Schichten repräsentieren eine typische CU-(coarsening upwards) Sequenz (vgl. Fig.89)
Die Mergel vom Grisiger-Typus werden an der Basis als Rietbad-Mergel bezeichnet. Die darüber liegenden Rietbad-Sandsteine sind synonym zu den "Unteren Sandsteinen" HABICHT (1945a)

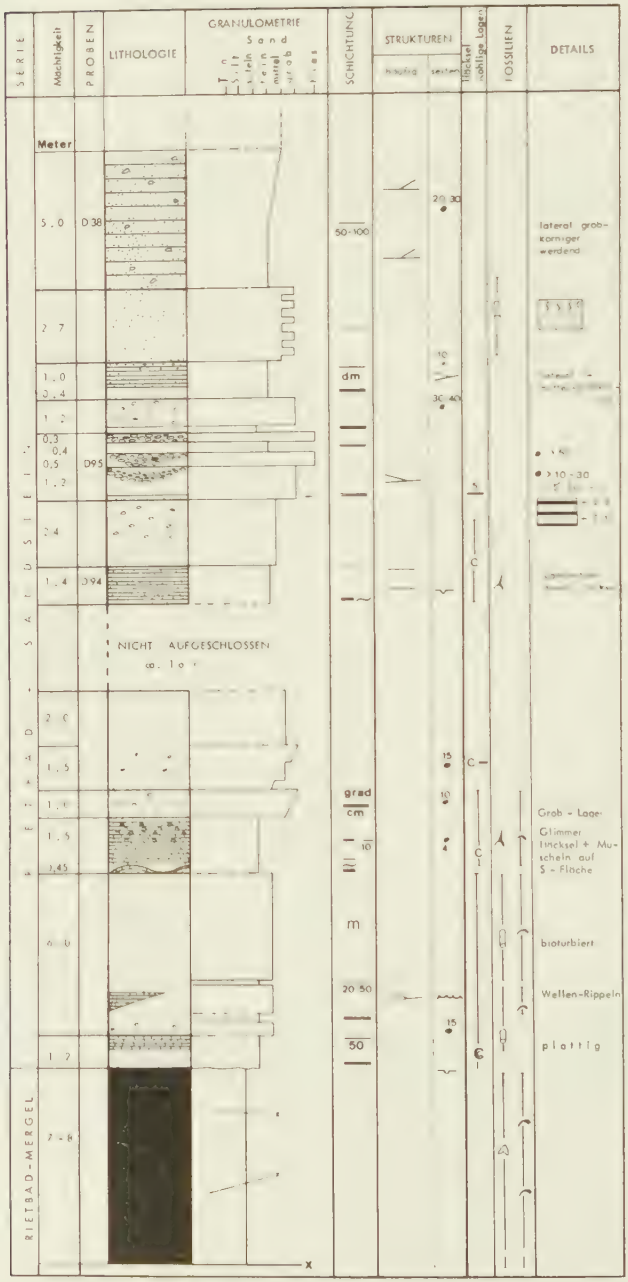
Typ-Lokalität: STRICK, 1,5km SW Rietbad /SG
Koordinaten: 734 900/233 175
(LK der Schweiz 1:25'000, Blatt 1114)

Mächtigkeit: 45 - 50m

Alter: Nannoplankton-Zone NP 23

Die Untergrenze der Rietbad-Schichten ist tektonischer Natur, während die Obergrenze über der letzten Sandstein-Bank gezogen wird.

Fig. 89: Profil durch die Rietbad-Schichten



Als Charakteristikum dieser Serie darf die SM-Assoziation mit Granat-Staurolith-Turmalin-Apatit-Zirkon und Rutil bezeichnet werden, die als zusätzliches Trennkriterium zu den hangenden Grisiger Mergeln Verwendung findet.

Verbreitung: Die Rietbad-Schichten treten morphologisch infolge Steilstufenbildung in der Gegend von STRICK sehr schön hervor und ziehen in ENE Richtung bis Rietbad. Im Bachtobel hinter der Skilift-Talstation und im RIETBAD-Tobel ca. 50m oberhalb der Schwefel-Quellfassung sind nur noch wenige Meter nachzuweisen. Das zwischen 10 und 40° schwankende Einfallen der Sandsteinbänke, sowie die zahlreich auftretenden Rutschharnische lassen auf eine tektonisch bedingte Reduktion schliessen, da die Speer- und Luteren-Aufschiebung unmittelber nördlich durchziehen. Gegen W jedoch scheint der Rietbad-Sandstein auszukeilen.

4.2.1.1. DIE RIETBAD-MERGEL

Fig. 90: Mineralische Zusammensetzung in Prozent

< 2 mm			< 2 μ	
Kalzit	Dolomit	Quarz	Quarz	Tonmineralien
25	4	40	13	17

Als Tonmineralien konnten Montmorillonit, Illit, Kaolinit und Chlorit nachgewiesen werden.
Die DTA-TG-MS zeigt zwei breite organische Zersetzungen bei 335° und bei 410°C.

4.2.1.2. DIE RIETBAD-SANDSTEINE

Der Rietbad-Sandstein ist ein durch Klein- und Grosszyklen progradierter, oft plattiger Kalksandstein mit Korngrössen bis zu 5mm. Im oberen Teil dieses Sandstein-Komplexes treten sogar rinnenartige Zwischenlagen mit äusserst gut gerundeten, polierten Gneis-Quarz- und Flyschgeröllen mit einem Durchmesser bis 5cm auf. Die feinkörnigen Kalksandsteine an der Basis sind stark bioturbiert. Auffallend darin sind die horizontweise massenhaft auftretenden Lamellibranchiaten, sowie die vielen ungeordneten Hellglimmerplättchen.

Petrographisch setzt er sich aus mikrosparitischen bis sparitischen Kalkarenit-Komponenten sowie aus Quarz, Chert, kaum korrodierten Kalifeldspäten, Glaukonit und Diabasporphyrit als nichtkarbonatischem Detritus zusammen. Akzessorisch treten Biotit, Hellglimmer, Phosphorit und chloritisierte Hornblende auf (vgl. auch FREI 1976:28-34).

Von Interesse sind zweifellos die Diabas-Fragmente, die nur in den Rietbad-Sandsteinen zu finden sind. Eine Herleitung aus Diabasgängen in ostalpinen Amphiboliten ist aber wegen des Fehlens der Amphibole im SM-Spektrum auszuschliessen. Vielmehr dürfte der Diabas bereits aus umgelagerten Tavayannaz-Sandsteinen stammen.

Depositional Environment

Während die Rietbad-Mergel noch als Off-shore- oder Prodelta-Ablagerungen betrachtet werden müssen, manifestieren die Rietbad-Sandsteine aufgrund der CU-(coarsening upwards) Sequenz und der fluvialen'distributary channel-Sequenz' im oberen Teil eine typische Delta-Front-Fazies-Assoziation. Auch die Fossilien weisen auf eine brackische, küstennahe Flachwasserablagerung hin. Die verschieden orientierten tangentialen und tabulären

Foresets sind als Indiz für mehrere seichtmarine Prozesse zu werten. Da typische Merkmale tidaler Ablagerungen fehlen, sind Wellen und semipermanente Strömungen die dominanten Prozesse von Erosion, Transport und Ablagerung des Rietbad-Sandsteines.

Das Vorhandensein einer Longshore-Drift bekunden die senkrecht zu den Achsen der kiesgefüllten Rinnen verlaufenden Forsets und Wellenrippeln (wave ripples), sowie die polierten Gerölle. Die dachziegelartig aufeinander liegenden Gerölle (Imbrikation) in den "distributary channels" weisen auf hochenergetische Ereignisse hin, die nur durch Stürme oder durch Strömungen aufgrund fluviatiler Einflüsse erklärt werden können.

Die stets wechselnde Korngrösse im mittleren und oberen Teil, sowie die gelegentlich auftretende Bioturbation im Top der Sandsteinbänke, aber auch die Pflanzenhäcksel-Lagen auf den Schichtflächen lassen auf periodisch wiederkehrende Ereignisse schliessen, so dass der Rietbad-Sandstein am ehesten als 'storm sand beds' interpretiert werden kann.

Der Rietbad-Sandstein scheint auf jenen Alpen-Quertal-Ausgang beschränkt zu sein, aus dem die spätere Stockberg- und vermutlich auch die Kronberg-Schüttung austraten. Diese Annahme beruht nicht zuletzt auch auf sedimentpetrographischen Beobachtungen und erklärt somit auch den lokalen Charakter dieses Sandstein-Komplexes.

Stratigraphische Aequivalente

im E : Deutenhausener Schichten
im W : Steinibach-Serie

4.2.2. DIE GRISIGER MERGEL-SERIE

4.2.2.1. DIE UNTEREN GRISIGER MERGEL

A. Lithologie

Die unteren Grisiger Mergel entsprechen der in COLLINSON, ELLIOT & READING (1978) definierten 'Mudfacies' (Sandgehalt 0-10%) und repräsentieren eine monotone, mehrere 100m mächtige Serie von feinkörnigen bis siltigen, glimmer- und pflanzenhäckselführenden Tonmergeln und dünnlagigen z.T. gradierten Siltsteinen. Im Bruch sind sie von blaugrauer bis dunkelgrauer Farbe. Auf Kluft- und Schichtflächen weisen sie rostrote Flecken auf. Das Kalzit-Mittel liegt bei 38%, dasjenige von Dolomit bei 8%. In bestimmten Horizonten lassen sich auffallend guterhaltene Muscheln, Fischschuppen, Fischzähne und Ostrakoden finden.

B. Interpretation

Die unteren Grisiger Mergel wurden im Offshore-Bereich, unterhalb der Sturm-Wellenbasis aus Suspensionsströmen abgelagert. Die besten Informationen zur Rekonstruktion dieses Environments liefern jedoch die Faunenreste. Die Ostrakoden-Assoziation deutet auf eine Ablagerung im innerneritischen Schelfbereich hin, wobei die Wassertiefe vielleicht nur etwas mehr als 100m betragen haben mag. Dies steht im Widerspruch zu früheren Interpretationen, welche die Grisiger Mergel und die gradierten feinsandigen Lagen (Turbidite) als Ablagerungen in einem mehrere 100m tiefen Becken, unterhalb des 'Platform slope', annahmen.

4.2.2.2. DIE OBEREN GRISIGER MERGEL

A. Lithologie

Die oberen Grisiger Mergel sind in einer heterolithischen Fazies ausgebildet. Diese zeichnet sich durch eine Wechsellagerung von zentimeter- bis dezimeter-dicken, pflanzenhäckselführenden meist feinkörnigen und gut sortierten Kalksandsteinbänken mit Mergeln vom Grisiger Typus aus, wobei der Sandgehalt dieser Sequenz zwischen 10-90% variieren kann. Dieser nimmt in der Regel in stratigraphisch höheren Schichten sukzessive zu. Die Unterteilung der heterolithischen Fazies in 3 Sub-Fazien ist möglich:

H a (sand-dominated) Subfazies

Sandgehalt: 75-90%

Bankmächtigkeit: 5-20cm

meist plattige, lateral persistierende Sandsteine

Strukturen: Parallel- und Kreuzlamination

H b (mixed) Subfazies

Sandgehalt: 50-75%

Bankmächtigkeit: 5-20cm

vorwiegend Flaser- und Wavy-bedding

Strukturen: Parallel- und Kreuzlamination

H c (mud-dominated) Subfazies

Sandgehalt: 10-50%

Bankmächtigkeit: 1-5cm

meist Linsen-bedding und Parallel-Lamination

Die H c-Subfazies ist am Uebergang von der unteren in die obere Grisiger Mergel-Serie zu finden. Feldbeobachtungen zeigen, dass die kontinuierliche Sandzunahme in stratigraphisch höhere Schichten selten zu bestätigen ist. Oft können Teile von H a oder auch von H b infolge schneller Regression oder nach-

träglicher Erosion fehlen.

An der Schicht-Unterfläche der cm-bis dm-dicken Kalksandsteinbänke können Frassspuren, Scour Marks, Tool Marks (vgl. RHEINECK & SINGH 1975:64-74), sowie Pyritkonzentrationen beobachtet werden. All diese Phänomene treten nach oben (H a-Subfazies) stark zurück, sodass es vielfach zu einer planaren Ausbildung der Kalksandstein-Basis kommt.

Fig. 91: Obere Grisiger Mergel im Rietbad-Tobel

Fig. 92: Frass- und Kriechspuren an der Schichtunterfläche von Kalksandsteinen

Während im unteren Teil einer Sandsteinbank die Sedimentstrukturen (Parallel- oder Kreuzlamination) noch deutlich sichtbar sind, ist der obere Teil meist bioturbiert und zeigt eine leicht gewellte oder mit Rippelmarken besetzte Oberfläche.

B. Interpretation

Die grosse Variabilität in dieser Fazies reflektiert Fluktuationen sowohl in Intensität und Periodizität der hydrodynamischen Bedingungen als auch in der Sedimentzufuhr. Die Sedi-

mentstrukturen geben daher entscheidende Hinweise, ob es sich um Wellen- oder Strömungsprozesse handelt.

Zweifellos muss es sich bei den dickeren persistenten Sandsteinbänken um hochenergetische Ereignisse handeln. Vermutlich sind sie das Produkt von Stürmen, während welchen grosse Volumen von Sand und Ton in Suspensionsströmen off-shore transportiert und je nach Dichte und vorhandener Energie früher oder später sedimentiert wurden. Dies manifestiert sich vor allem in der H c- und H b-Subfazies, in der jede Sandsteinbank einem Sturm-Ereignis entspricht und mutmasslich nach folgendem Schema ablief:

1. Initiale Erosion durch Stürme im litoralen Bereich (Wind-and wave induced currents)

2. Sedimentation aus langsam abnehmenden Suspensionsströmungen im Shoreface- bis Off-shore-Bereich

3. "Post storm reworking" (vorwiegend durch Wellen)
   Sedimentation von Ton und Silt
   Bioturbationsgrad je nach Dauer der Ruhephase

Die heterolithische Fazies der oberen Grisiger Mergel reflektiert also ein Wechselspiel zwischen physikalischen und biogenen Prozessen. Bei hoher Wellenenergie dominieren die Primärstrukturen, während bei niedriger Wellenenergie diese durch Bioturbation zerstört wurden.

Die Ablagerungen der oberen Grisiger Mergel repräsentieren daher eine Shoreface- bis 'upper off-shore'-Assoziation (Definition s. Glossary of Geology, 1973). Wiederum darf aufgrund der vorliegenden Sedimentstrukturen (vgl. Beschreibung der sedimentologischen Profile) eine sehr geringe Gezeiten-Aktivität postuliert werden. Auf jeden Fall wurde das Zirkulationssystem im alpinen Restmeer sehr stark durch meteorologische Kräfte beeinflusst, wenn nicht gar dominiert.

4.2.3. DIE HORWER SANDSTEINE

A. Lithologie

Die Horwer Sandsteine sind lithofaziell durch die vorherrschende Sandfazies (90-100% Sandgehalt) geprägt und treten daher als wandbildende Komplexe morphologisch besonders eindrücklich hervor. Variationen in der Zusammensetzung und Mächtigkeit gehen aus den Profilen hervor. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Horwer Sandstein-Serie lateral und vertikal ziemlich rasch vermergeln kann. Diese lokale, milieubedingte, karbonatarme Fazies ist meist mittel- grobkörnig.

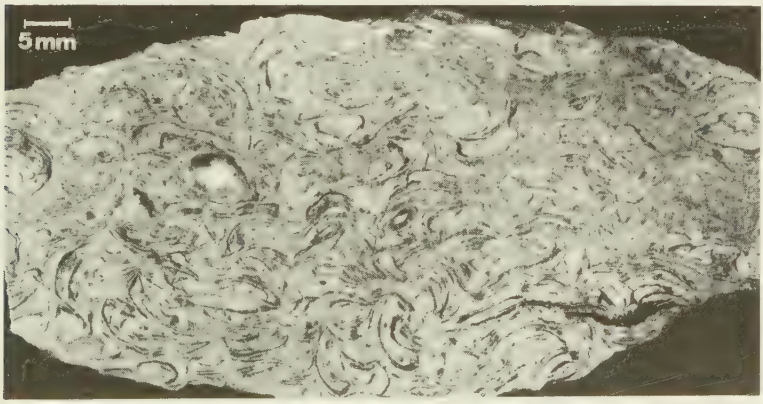
Die Grenze zur liegenden oberen Grisiger Mergel-Serie ist unterschiedlich ausgebildet. Während sie an den meisten Lokalitäten scharf ausgeprägt ist, kann sie an wenigen Aufschlüssen wegen des kontinuierlichen Ueberganges von der H a-Subfazies in die Sandfazies nur mühsam eruiert werden.
Die Horwer Sandstein-Serie trennt den marin-brackischen vom terrestrischen Faziesbereich ab.

Der Horwer Sandstein ist ein gut sortierter, fein-mittelkörniger Kalksandstein. Quarz dominiert mit 60-70% und baut allein das Korngerüst auf. In den Zwickeln liegen die gutgerundeten Calcarenit-Komponenten. Akzessorisch finden sich Chert, Glaukonit und Hellglimmer; Feldspäte fehlen. Die Matrix besteht vorwiegend aus sparitischem Zement. Der Karbonatgehalt weist etwas mehr als 50% auf, wobei der Mittelwert von Dolomit bei 15% liegt. Parallel- und subhorizontale Lamination, sowie sehr flachwinklige Kreuzschichtung sind die dominierenden internen Struktur-Elemente. Nicht selten können in den massigen Kalksandsteinen alternierende, mehrere Millimeter dicke Fein- und Groblagen beobachtet werden, die sich tatsächlich als angereicherte Schwer- bzw. Leichtmineral-Lagen diagnostizieren liessen. Neben massigen,

bis metermächtigen Kalksandsteinen treten auch ausgesprochen plattige, meist dm-dicke Kalksandsteine auf, welche auf den Schichtflächen reichlich Glimmer und inkohlte Pflanzenhäcksel führen. Innerhalb dieser plattigen Fazies lassen sich des öftern asymmetrische und symmetrische Wellenrippeln finden. Sie wurden jedoch stets nur im unteren Teil der Horwer Sandstein-Serie beobachtet.

Hie und da können auch Einlagerungen von Geröllschnüren und kleinen Nagelfluhrinnen nachgewiesen werden.
Makrofossilien sind wieder häufiger zu finden. Im BILTENER TOBEL, in DICKEN/NESSLAU und im FRIESENWALD am Stockbergfuss sind sogar 10-20cm dicke Lumachellenbänke im obersten Teil der oberen Grisiger Mergel- oder der Horwer Sandstein-Serie eingelagert.

Fig. 93: Lumachellenbank aus der vermergelten Horwer Sandstein-Serie des FRIESENWALD



B. Interpretation

Die gutsortierten Horwer Sandsteine reflektieren eine typische Strand-Fazies (Beach Ridge).
Die laterale Persistenz über mehrere Dutzend von Kilometern

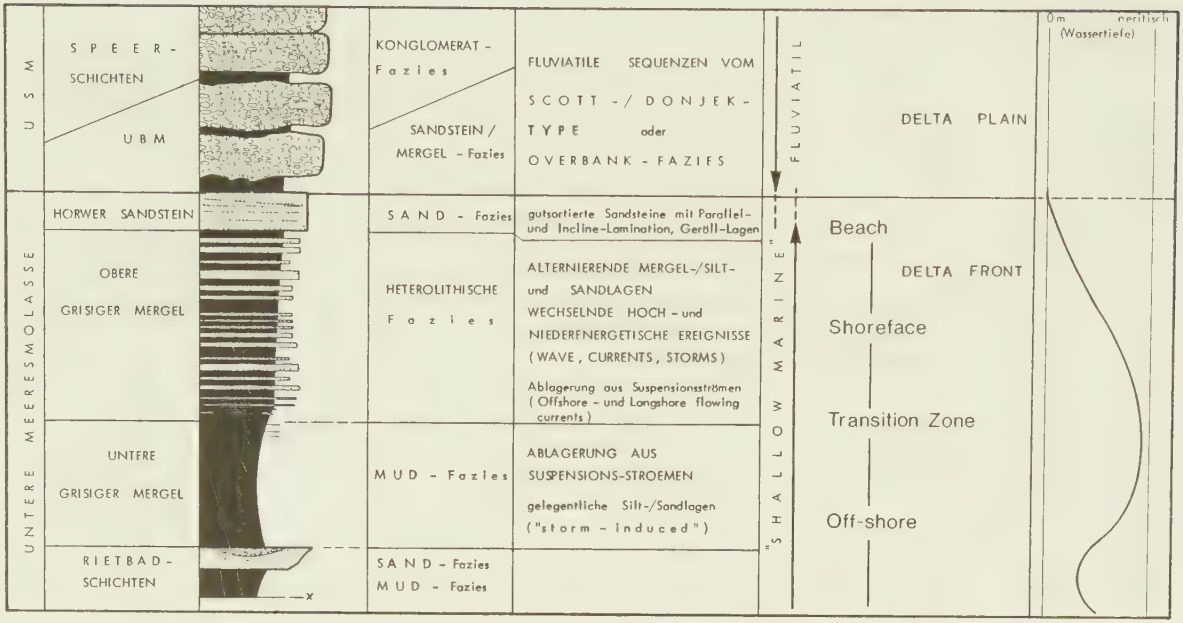
bestätigt die dominante Rolle der Nearshore-Wellenprozesse, welche die Sedimente des fluviatilen Influxes aufarbeiteten und während Schönwetter-Perioden längs der Küste homogen verteilten. Die vorliegenden Strukturen (Parallel- und subhorizontale Lamination,flachwinklige Kreuzschichtung, Wellenrippeln) widerspiegeln hoch- und niederenergetische Ereignisse im Foreshore-Bereich. Die Identifikation dieses Sub-Environments der Küste wird zudem erleichtert durch den Nachweis von alternierenden Schwer- und Leichtmineral-Lagen im eher massigen Sandstein. Diese Segregation der Sandkörner findet nur in der Swash-Zone statt (CLIFTON, 1969). Ein weiteres Indiz für die Dominanz der Wellenprozesse über die fluviatilen Einflüsse liefern die oft kilometerweit verfolgbaren Muschelagglomerate. Solche Thanatozoenosen werden, wie rezente Beispiele zeigen, je nach Wellenenergie im Foreshore- oder Backshore-Bereich akkumuliert. (siehe Kap. Begriffe , Symbole und Abkürzungen)

In den Horwer Sandsteinen weisen keine Strukturen auf typisch tidalen Ursprung hin, sodass die Gezeiten wiederum eine untergeordnete Rolle gespielt haben dürften. Die Rippelmarken, deren Achsen in N-S Richtung verlaufen, sind eher auf küstenparallele Strömungen zurückzuführen. Das lokale Fehlen oder die atypische Ausbildung der Horwer Sandstein-Serie in bestimmten Regionen (RIETBAD-Tobel[1]) kann nur durch verstärkten fluviatilen Einfluss oder/und durch wind- und wellengeschützte Buchten (Bay) erklärt werden.
Nach der Terminologie für Delta-Ablagerungen sind die Horwer Sandsteine als "Delta front sheet sands"[2] zu bezeichnen.

1) Die Rietbad-Sandsteine, die Rinnen-Nagelfluhen in und über der Horwer Sandstein-Serie, sowie sedimentpetrographische Kriterien, postulieren im Gebiete RIETBAD-Tobel (FRIESENWALD) den Stromtal-Ausgang der "Ur-Stockberg-Schüttung".

2) Delta front sheet sand is made up of a distributary mouth bar, and delta front silt, and sand. These sediments are drifted laterally by waves and accumulate along the coast line (OOMKENS, 1967).

Fig. 94: Generalisierte UMM-Sequenz in der Subalpinen Molasse der Nordost-Schweiz



4.3. BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DER PROFILE

Die Lokationen der Profilaufnahmen sind auf der Uebersichtsskizze 'Wägital/Vorarlberg' auf Seite 99 dargestellt.

Fig. 95 : Profil DICKEN/NESSLAU

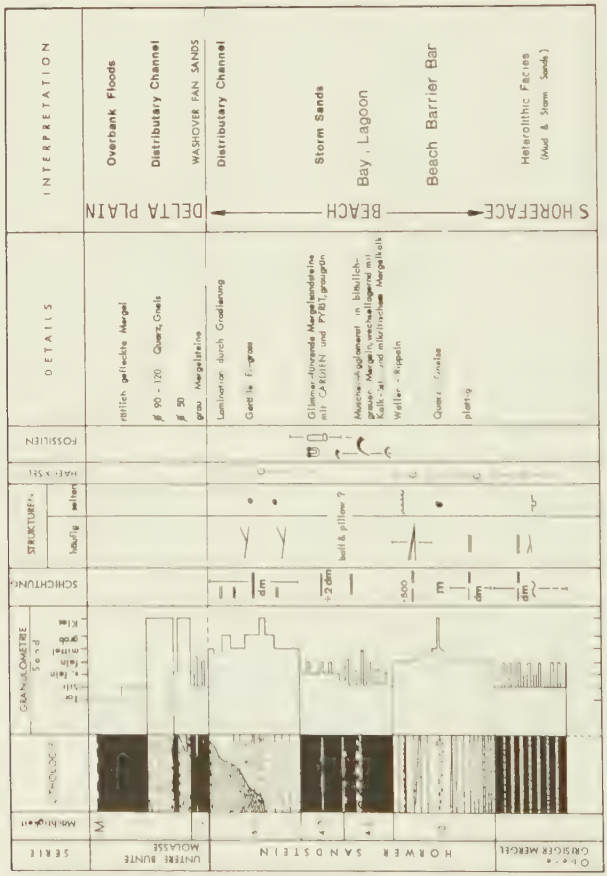
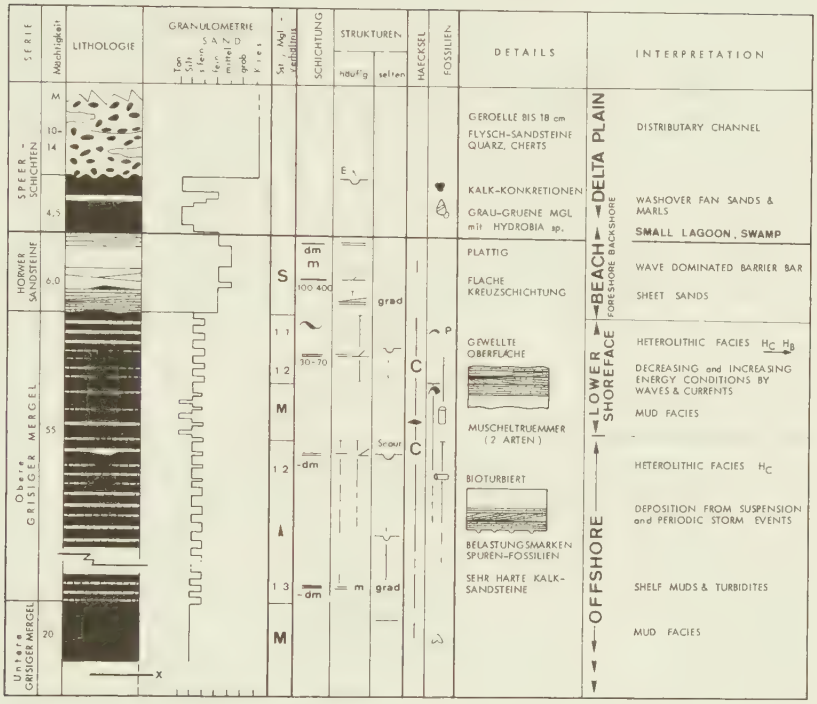


Fig. 96: Unterer GEISSBACH (728 300 / 230 650)

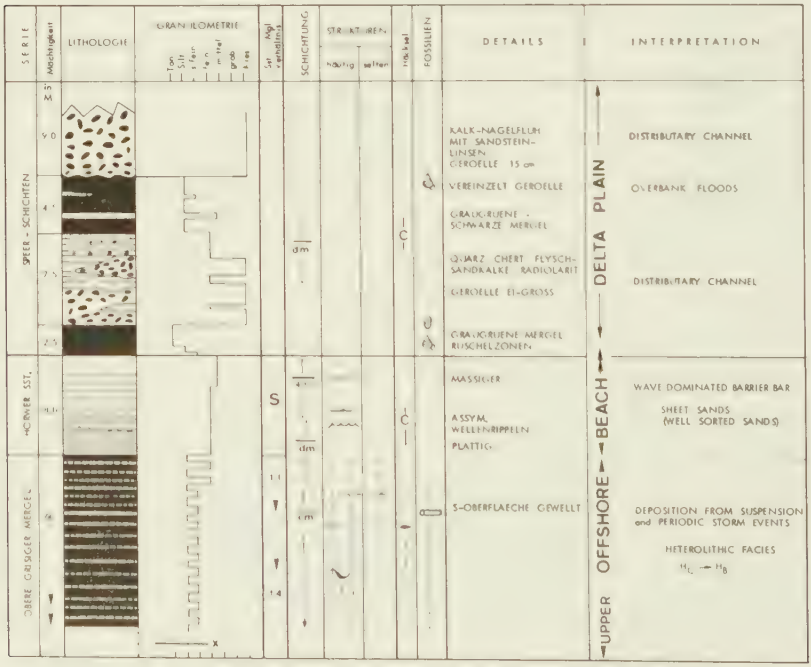


An der Südflanke des Geissbachtobels (Ebnater Steintal) ist der Grenzbereich UMM/USM einzigartig aufgeschlossen. Die Abgrenzung der drei Lithofazies-Typen bietet keine Schwierigkeiten. Vergleiche mit der generalisierten UMM-Sequenz zeigen, dass am unteren Geissbach, 500 m WSW der Einmündung in den Steintaler Bach, (Fig. 96), sowie an der Schorhüttenberg-Nordwand (Fig. 97) die obere Grisiger Mergel-Serie unvollständig entwickelt ist, da Anzeichen einer "thickening upwards" Sequenz nur schwach erkennbar sind oder gar fehlen.

Unterer Geissbach

Während im unteren Teil dieser rund 60m mächtigen Serie die harten zentimeter- bis dezimeterdicken Kalksandsteinbänke als periodische Sturm-Ablagerungen im Offshore-Bereich (Transition Zone) interpretiert werden können, ist im oberen Teil, ca. 20m unterhalb der Horwer Sandstein Basis eine zunehmende Bioturbation, das Ausbleiben von Frass- und Kriechspuren sowie eine Zunahme der Wellen- oder Strömungsenergie zu beobachten. Rippelmarken fehlen jedoch, sodass für diese Ablagerung am ehesten ein Sedimentationsraum zwischen normaler und Sturm-Wellenbasis oder allerunterster Shoreface-Bereich in Betracht zu ziehen ist.

Fig. 97: Oberer GEISSBACH / SCHORHUETTENBERG-Nordwand

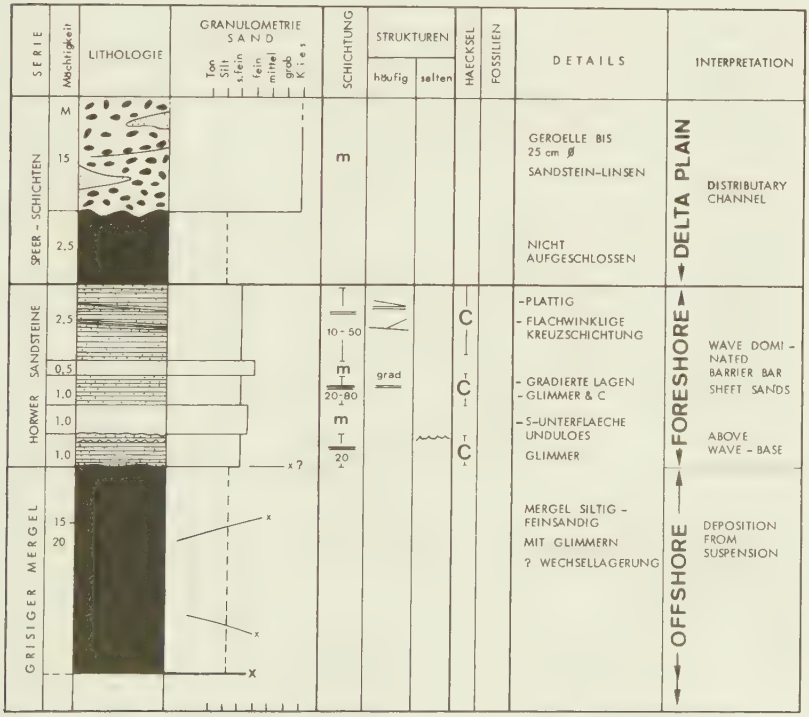


Die fehlende H_a-Subfazies der oberen Grisiger Mergel-Serie ist vermutlich kurz nach der Ablagerung wieder erodiert worden oder wurde infolge schneller Regression des perialpinen Restmeeres gar nie abgelagert. Synsedimentäre Tektonik ist jedoch für diesen Hiatus zwischen oberer Grisiger Mergel- und der Horwer Sandstein-Serie auszuschliessen.

Oberer Geissbach

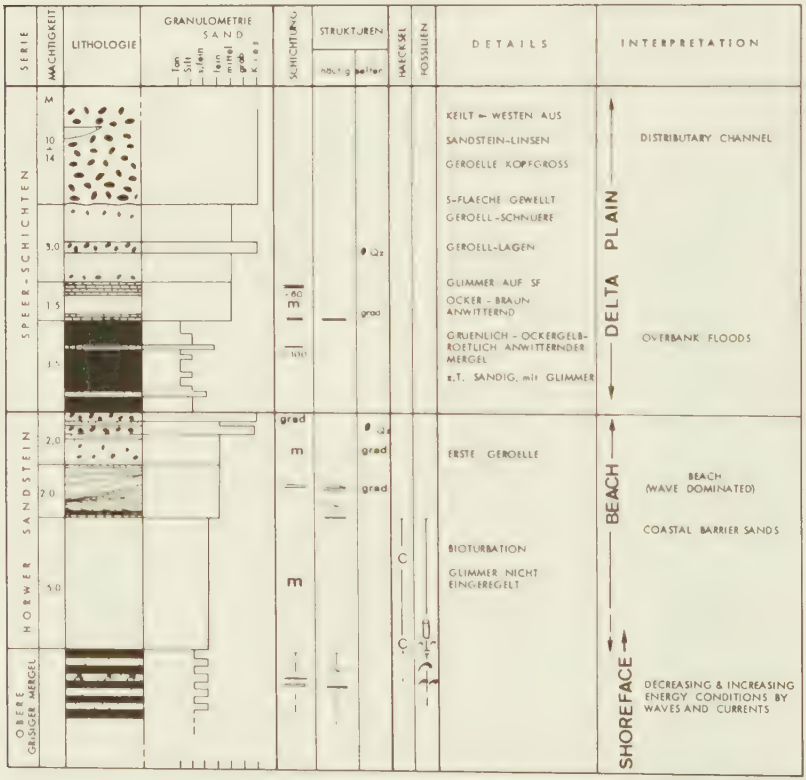
In diesem Profil (Fig. 97) ist die gesamte heterolithische Fazies der oberen Grisiger Mergel als Ablagerung im oberen Offshore-Bereich (Transition Zone) zu betrachten.

Fig. 98: RAPPENBACH-Profil (723 400 / 224 840)



Im RAPPENBACH, E von SCHAENIS, grenzen siltig - feinsandige Mergel an die 6m mächtige Horwer Sandstein-Serie. Die heterolithische Fazies der Grisiger Mergel-Serie scheint zu fehlen. Da diese Uebergangsfazies vom Offshore- in den Foreshore-Bereich in jedem seichten Meer auftritt und in allen anderen Profilen zwischen Wägital und Vorarlberg gegenwärtig ist, scheint dieser Kontakt zwischen reiner Mergel- und Sandfazies tektonischer Natur zu sein.

Fig. 99: ROTBERG/BILTEN - Profil



ROTBERG/BILTEN (718 100 / 222 800)

Bemerkenswert in diesem Profil sind einzig die Fossilhorizonte, die in der heterolithischen Fazies der oberen Grisiger Mergel-Serie und an der Basis des Horwer Sandstein-Komplexes auftreten. Zudem kann der meist plattige, harte Horwer Sandstein nach E und W ziemlich rasch vermergeln. In dieser Fazies lassen sich häufig fingerdicke, vertikale Wurmgänge finden.

CHATZENRUGGEN/TREPSENBACH (712 430 / 221 900)

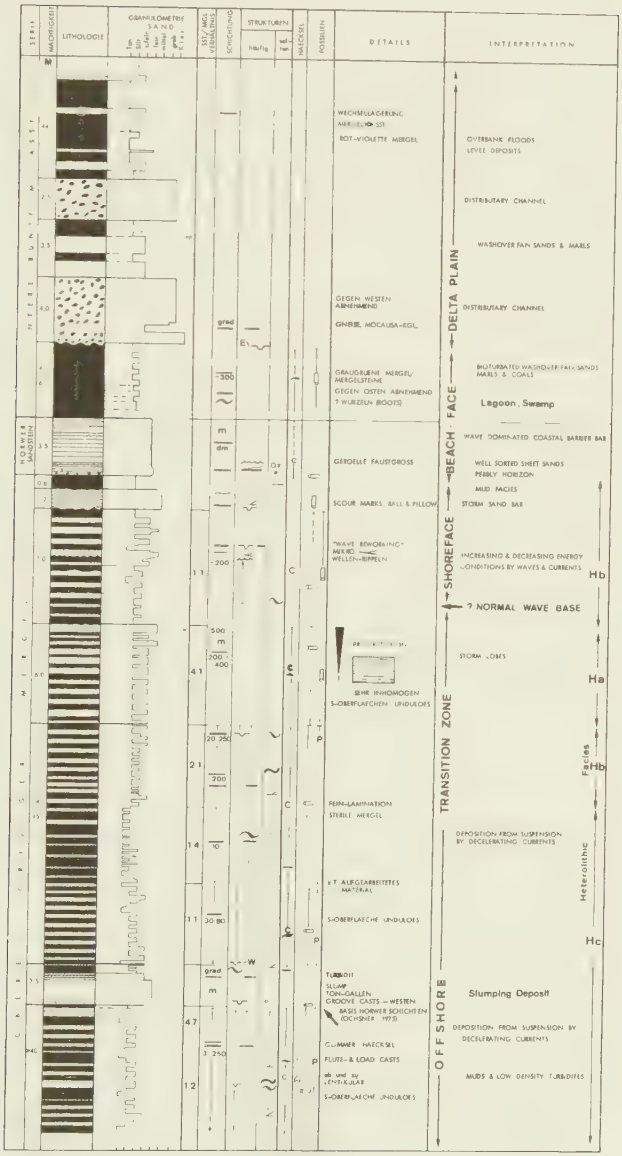
Am CHATZENRUGGEN im Trepsenbach-Tal liegt der schönste aller Aufschlüsse des UMM/USM-Grenzbereiches der Nordost-Schweiz.

Sedimentologische Untersuchungen zeigen, dass die Horwer Sandstein-Serie bedeutend geringmächtiger ist, als ursprünglich von OCHSNER (1975:81,82) angenommen wurde. Der 2½ m dicke Sandsteinkomplex an der Basis seiner 43 m mächtigen Horwer Sandsteinserie ist als Slump-Ablagerung mit einem Turbidit im Dach im Offshore-Bereich zu interpretieren. Als Horwer Sandsteine in typischer Strandfazies können nur die gut sortierten, 3½ m mächtigen Kalksandsteine mit paralleler und subhorizontaler Lamination bezeichnet werden. Trotz der selben SM-Assoziation und gleichen Karbonatanteilen in den darüberliegenden Mergeln und Mergelsteinen, welche in Form von Washover Fans im Backshore-Bereich abgelagert wurden, ist die Grenze UMM/USM an der Basis dieser graugrünen Mergel-Sequenz zu ziehen.

Gesamthaft betrachtet kommt dieses Profil der generalisierten UMM-Sequenz sehr nahe, da die Anzeichen einer coarsening upwards- sowie einer thickening upwards-Sequenz nicht zu übersehen sind.

Fig. 100: LAUIHOECHI/GELBBERG - Profil (714 800 / 222 100)

Fig. 101: CHATZENRUGGEN/TREPSENBACH - Profil



4.4. FAZIES-MODELL

'Wave and Storm-dominated Facies'

Während die Ostrakoden die zuverlässigsten Kriterien sind, um die Ablagerungen der Unteren Meeresmolasse als Seichtwasser-Ablagerung zu interpretieren, weisen der heterolithische Charakter der oberen Grisiger Mergel-Serie sowie die gut entwickelte "Beach" in Form der Horwer Sandstein-Serie auf die Dominanz der meteorologischen Faktoren (wind- and wave-induced currents) des hydraulischen Regimes hin (vgl. COLLINSON, ELLIOT & READING 1978: SM 15).
Zweifellos waren Wellenprozesse fähig, die Sedimente des fluviatilen Influxes in Suspension zu bringen und diese je nach Intensität der vorherrschenden Strömungen longshore oder off-shore transportierten. Dies erklärt auch der seltene Nachweis von "River mouth bar"-Sequenzen, die alsbald nach ihrer Bildung zerstört und verfrachtet wurden.

Da die gut sortierten, feinkörnigen Sandlagen unterhalb der normalen Wellenbasis nicht den Charakter von Turbiditen haben und mit sterilen Mergeln wechsellagern, scheinen sie das Produkt von periodischen Sturm-Ablagerungen zu sein. Auf die Bedeutung von Stürmen für Nearshore- und offene Schelf-Ablagerungen wurde in den letzten zehn Jahren in rezenten Studien bereits durch mehrere Autoren mit Nachdruck hingewiesen (HAYES, 1967; SWIFT, 1969; GADOW & REINECK, 1969; SWIFT, STANLEY & CURRAY, 1971; REINECK & SINGH, 1971, 1972; KUMAR & SANDERS, 1976;) wobei HOBDAY & READING , 1972; GOLDRING & BRIDGES, 1973; BANKS, 1973; BRENNER & DAVIES, 1974; JOHNSON 1975 und KUMAR & SANDERS, 1976; solche 'Storm-deposits' in präholozänen Ablagerungen erkannten.

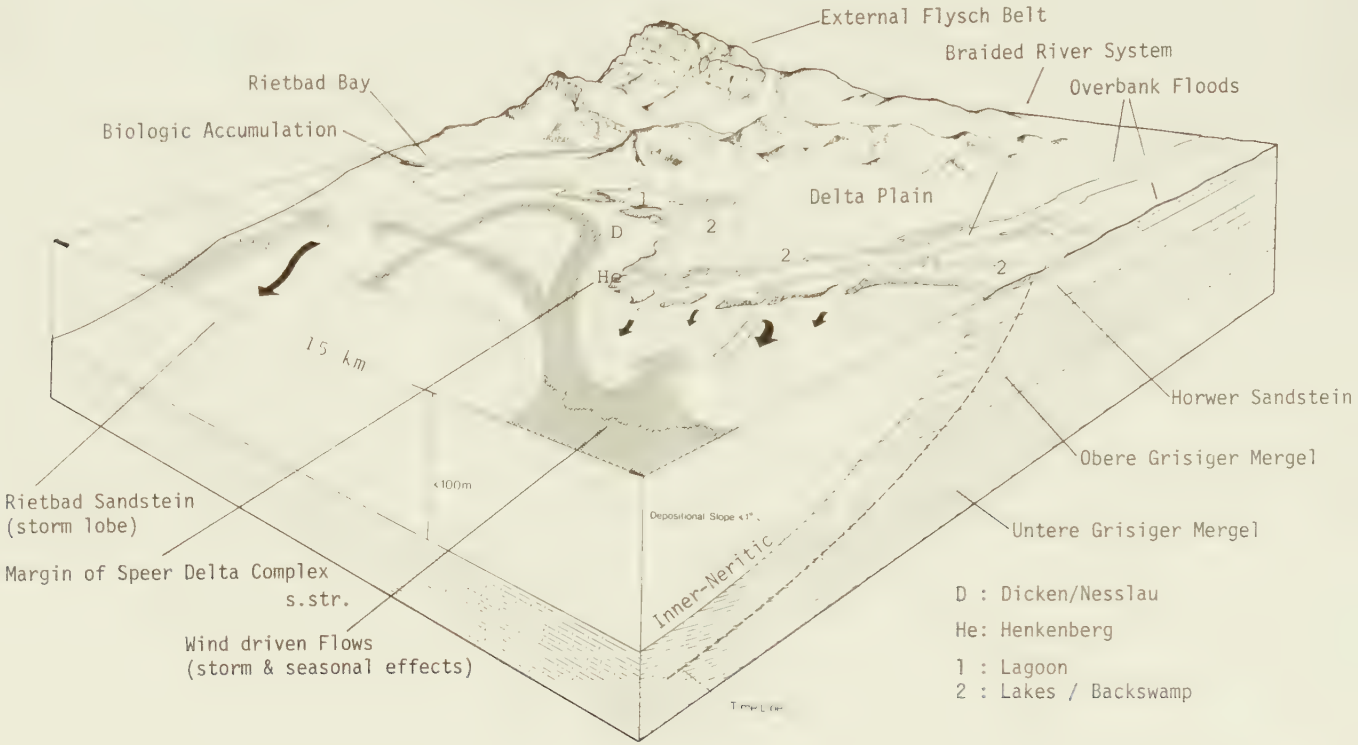
Das Fehlen typischer Foresets und der seltene Nachweis von Slumps lassen somit auf einen flachen Sedimentationsraum schliessen.
Die gut sortierten, parallel- bis subhorizontal-laminierten, über mehrere Kilometer persistierenden Horwer Sandsteine dokumentieren eine Strand-Ablagerung unter mittlerer bis starker Wellenenergie und untergeordneten tidalen Strömungen bei sehr variablen Richtungen.

In Regionen mit grösseren Flussmündungen oder durch Landzungen geschützte Buchten tritt die typische 'Beach-Fazies' zurück und Interaktionen von fluviatilen- mit Wellenprozessen werden manifest.

Wie erwähnt ist die Gezeiten-Aktivität in diesem perialpinen Restmeer aufgrund des Fehlens von typischen 'Tidal currents'-Strukturen von sekundärer Bedeutung und dürften äusserst minimal gewesen sein. Ob eventuell Schaukelwellen, sog. Seiches, existierten, kann nicht beurteilt werden.

Auf einen Vergleich mit möglichen rezenten Beispielen wird verzichtet, da die modernen Schelfbereiche nur gültige transgressive Modelle liefern und daher nicht direkt auf die präholozänen, regressiven Situationen anwendbar sind.

Fig. 102: Schematische Darstellung der Südküste des perialpinen Restmeeres im Mittel-Oligozän



5. ZUSAMMENFASSUNG

Sedimentpetrographische Untersuchungen bilden das Schwergewicht der vorliegenden Arbeit über die Subalpine Molasse der Nordost-Schweiz. In 10 Profilen zwischen WAEGITALER AA und URNAESCH wird anhand der vertikalen und horizontalen Entwicklung des Schwermineral-Spektrums und des Karbonatgehaltes die Grundlage für die lithostratigraphische Gliederung der bis anhin als fossilarm betrachteten und lithologisch monotonen, detritischen Ablagerungen der Unteren Meeresmolasse und der Unteren Süsswassermolasse geschaffen.

Die sedimentpetrographische Charakterisierung der Unteren Meeresmolasse wird zu Vergleichszwecken bis an die BOLGENACH in Vorarlberg erweitert, während jene der fluviatilen Ablagerungen sich vorwiegend auf den Zentralbereich der Speer-Schüttung sowie auf den westlichen Marginalbereich der Kronberg-Schüttung beschränkt.

Der Nachweis analoger Trend-Entwicklungen einzelner Charakter- bzw. Leitmineralien im proximalen und distalen Faziesbereich einer Schüttung oder in Schuppen mit äquivalenter tektonischer Stellung bestätigt die Eignung der SM-Analyse und der sich dabei abzeichnenden Trends als gutes Korrelationsinstrument.

UNTERE MEERESMOLASSE

Das SM-Spektrum wird beherrscht durch Apatit und Turmalin.Als Lieferanten dieser Schwermineralien kommen vorwiegend externe Flysch-Einheiten (nordpenninisch - nordhelvetisch) in Betracht. Die Rietbad-Schichten (Synonym: Unterer Sandstein HABICHT 1945a) werden als ältestes Schichtglied der Unteren Meeresmolasse der Ostschweiz definiert. Als Charakteristikum dieser Serie darf die Granat-Staurolith-Turmalin-Apatit-Zirkon-Rutil-Fraktion bezeichnet werden, die nebst dem Vorkommen von Diabasporphyrit-Fragmenten als signifikantes Trennkriterium zu den hangenden Grisiger Mergeln

Verwendung findet. Das lithostratigraphische Aequivalent der Rietbad-Schichten ist im E in den Deutenhausener Schichten und im W in der Steinibach-Serie zu suchen.
An der Wende UMM/USM bricht die Dominanz der externen Flysch-Komplexe als Sand- und Geröll-Lieferanten zusammen und es kündigt sich eine Verlagerung der distributiven Provinz in vorwiegend spinellreiche Flysche an.

SPEER-SCHUETTUNG s.str. (G,ZS'RS - Fraktion)

Charaktermineral der minimal 2200 m mächtigen Speer-Schüttung s.str. ist Spinell, der in den unteren und mittleren Speer-Schichten Werte um 20% und mehr aufweisen, in den oberen Speer-Schichten gar Durchschnittswerte von über 35% erreichen kann.
Beim Uebergang in die Wintersberg-Schichten, nach ca. 1300 - 1350 m ab Basis USM, bricht die Spinell-Dominanz zusammen und die Werte fallen unter die 20%-Marke ab. Zugleich kann ein Ansteigen von Staurolith und Rutil beobachtet werden. Diese Trendänderung kann sowohl im proximalen als auch im distalen Faziesbereich dieser Schüttung mehrmals bestätigt werden und soll als Trennkriterium von Speer-/bzw.Wintersberg-Schichten Verwendung finden.Die Ebnater Schichten, früher als Hangendes der Speer-Schichten betrachtet, müssen aufgrund sedimentpetrographischer Daten und pollenanalytischer Untersuchungen als distales Aequivalent der Speer-Schichten betrachtet werden.
Vergleiche mit der im Westen aktiven Rigi-Schüttung s.str. zeigen gleiche Trends bei den die Schüttungen prägenden Schwermineralien. Während Spinell quantitativ und trendmässig für beide Schüttungsbereiche völlige Koinzidenz aufweist, liegen die Zirkonwerte im E generell um 30% tiefer.

STOCKBERG-SCHUETTUNG (G, RZTSA-Fraktion)

Die Stockberg-Schüttung liegt im Niveau der Speer-Schichten und unterscheidet sich von der Speer-Schüttung s.str. durch eine

Spinell-Armut von 2% gegenüber den üblichen Werten von 20% und mehr. Mit ihren Geröllschüben anderer Provenienz baute sie im Stockberg-Gebiet, SE von NESSLAU, einen eigenen kleinen Spezial-Schuttfächer auf.

Kronberg-Schüttung

Die lithofaziell definierten Schichten der Kronberg-Schüttung (HABICHT 1945a) werden in einer Unteren bzw. Oberen Kronberg-Serie sedimentpetrographisch charakterisiert. Während in der Unteren Serie Apatit und Staurolith als Leitmineralien auftreten, beherrscht Epidot zunehmend das Spektrum der Oberen Serie.

BIOSTRATIGRAPHIE

Die Biostratigraphie der UMM basiert auf Ostrakoden und Nannofossilien, jene der kontinentalen Serie auf Säugetierzähnen und palynologischen Untersuchungen. Aus drei Fossilfundstellen im distalen Faziesbereich der Speer-Schüttung s.str. und an der Basis der Kronberg-Schüttung konnte sowohl eine Kleinsäugerfauna als auch eine Mikroflora isoliert werden. Die Faunen erlauben den Nachweis der Säugetierzonen von COURNON, CODERET und PAULHIAC/ "ST.GERAND", die dem untersten Oberoligozän bis unterstem Miozän entsprechen; während die Mikrofloren-Assoziationen mit den Spektren der Florenzonen PGZ 20b, NGZ I und II der westlichen Paratethys vergleichbar sind. Eine mögliche Korrelation zwischen den Floren- und Säugetierzonen wird dargestellt.

SEDIMENTOLOGIE

Sedimentologische Untersuchungen in der Unteren Meeresmolasse und den Grenzbereich UMM/USM liefern die Grundlage für eine lithofazielle Unterteilung der UMM in drei bzw. vier Serien. Wellenprozesse waren fähig, die Sedimente des fluviatilen Influxes in Suspension zu bringen, die durch Strömungen longshore und offshore verfrachtet wurden. Meteorologische Faktoren dominieren das hydraulische Regime.

ANHANG

Tabelle I: Zusammenstellung der sedimentpetrographischen Daten

Profil-Nr.	Handstück-Nr.	Koordinaten	Karbonat-Gehalt	Kalzit	Dolomit	Granat	Zirkon	Apatit	Epidot	Rutil	Turmalin	Spinell	Staurolith	Sonstige SM
SPEER-PROFIL														
S 182	S 182	728 260 / 225 925	47	47	-	[illegible]	[illegible]	-	-	18	[illegible]	-	5	G'
S 183	S 183	728 200 / 226 060	75	59	16	4[illegible]	4[illegible]	10	-	[illegible]	1	28	2	
S 184	S 184	728 100 / 226 150	81	65	16	[illegible]	29	4	-	24	6	23	12	T'
S 185	S 185	728 025 / 226 350	78	71	6	4[illegible]	32	6	-	18	5	[illegible]	9	G'
S 1	S 1	728 025 / 226 650	89	58	31	44	[illegible]	11	-	[illegible]	11	37	8	
S 2	S 2	727 925 / 226 750	76	56	20	[illegible]	16	9	-	13	[illegible]	50	8	
S 4	S 4	727 900 / 226 875	[illegible]	47	23	47	17	11	-	14	5	45	5	
S 5	S 5	727 820 / 227 030	67	55	12	4[illegible]	26	8	-	17	9	24	14	
S 6	S 6	727 625 / 227 300	66	50	16	46	26	19	-	10	14	18	12	
S 7	S 7	727 625 227 475	82	63	19	58	15	11	-	24	21	[illegible]	32	
S 8	S 8	Speer-N'Wand,K.1890	64	46	18	46	20	11	-	21	16	26	12	Z
S 9	S 9	K.1870	51	40	11	44	[illegible]	14	-	10	[illegible]	45	6	
S 10	S 10	K.1800	77	42	35	47	31	19	-	21	24	14	11	Z
S 11	S 11	K.1770	85	55	30	54	20	11	-	14	12	30	12	Z
S 12	S 12	727 550 / 227 675	80	54	26	49	21	10	-	17	9	22	20	
S 13	S 13	727 740 / 227 820	78	44	34	[illegible]	13	24	1	4	15	26	10	
S 14	S 14	727 790 / 227 875	80	55	25	47	20	11	-	15	9	32	14	
S 34	S 34	727 470 / 227 990	67	52	15	43	15	11	-	18	6	20	30	
S 35	S 35	727 400 / 228 100	50	39	11	52	22	24	-	17	7	15	15	
S 37	S 37	727 325 / 228 170	86	66	20	61	14	11	-	13	14	29	24	C,G',B
S 38	S 38	727 350 / 228 300	65	43	22	56	30	18	-	4	22	15	14	G',B
S 39	S 39	727 250 228 450	81	43	38	[illegible]	29	12	-	[illegible]	[illegible]	17	14	G',B
S 40	S 40	727 150 228 525	82	52	30	55	14	14	-	24	22	26	15	Z,G',B
S 41	S 41	727 100 228 600	79	45	34	5[illegible]	27	5	-	25	22	27	11	G',B
S 43	S 43	727 075 228 675	63	41	22	[illegible]	26	8	-	19	16	11	14	G'
S 45	S 45	726 950 228 850	74	37	37	63	34	6	-	23	22	11	12	G'
S 46	S 46	726 900 229 050	58	47	31	43	16	12	-	12	5	45	10	Z
S 47	S 47	726 900 229 150	81	[illegible]	44	4[illegible]	18	21	-	18	8	[illegible]	9	Z
S 52	S 52	726 900 229 375	71	52	[illegible]	37	16	10	-	16	[illegible]	36	15	
S 54	S 54	726 750 229 425	68	47	21	[illegible]	44	3	-	25	13	8	7	
S 56	S 56	726 700 / 229 475	[illegible]	56	[illegible]	[illegible]	38	2	-	18	5	32	5	
S 58	S 58	726 700 229 625	[illegible]	36	27	[illegible]	33	3	-	21	13	20	10	
S 60	S 60	727 680 229 750	[illegible]	4[illegible]	[illegible]	[illegible]	16	19	-	13	7	29	16	
S 61	S 61	726 590 229 900	[illegible]	44	4[illegible]	[illegible]	22	4	-	24	12	16	22	
S 62	S 62	726 500 230 020	[illegible]	41	[illegible]	4[illegible]	32	8	-	16	11	10	16	E,T',G'
S 63	S 63	726 250 230 225	[illegible]	[illegible]	24	[illegible]	21	8	-	26	6	18	21	T'
S 64	S 64	726 250 230 290	[illegible]	54	31	62	24	9	-	14	14	24	15	T',Z,D1
S 65	S 65	726 340 230 670	[illegible]	[illegible]	[illegible]	63	15	7	[illegible]	14	16	13	36	
S 68	S 68	726 200 230 950	[illegible]	[illegible]	45	[illegible]	[illegible]	6	-	26	16	6	11	C,K
S 70	S 70	726 250 231 100	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	38	[illegible]	-	34	4	8	8	G'
S 80	S 80	726 300 231 200	[illegible]	[illegible]	34	[illegible]	43	5	-	[illegible]	10	14	11	M,Ez
S 81	S 81	726 350 231 325	74	[illegible]	[illegible]	[illegible]	16	10	-	11	2	41	20	C
S 82	S 82	726 375 231 385	64	4[illegible]	[illegible]	[illegible]	17	-	-	19	[illegible]	16	44	C,T',D1
S 83	S 83	726 325 231 550	[illegible]	54	21	68	12	17	-	26	5	18	22	T'
S 84	S 84	726 165 231 600	80	40	40	63	12	15	-	17	6	2	48	G',C
S 85	S 85	725 975 231 575	80	[illegible]	33	[illegible]	38	4	-	22	15	15	17	Ez,B
S 86	S 86	726 050 231 800	[illegible]	4[illegible]	34	[illegible]	47	4	-	21	6	14	10	G'
S 88	S 88	726 125 232 125	88	54	34	[illegible]	19	4	-	26	7	18	26	G',D1
S 92	S 92	726 020 232 450	[illegible]	47	[illegible]	41	[illegible]	5	-	23	13	15	13	
S 93	S 93	726 100 232 575	84	47	[illegible]	4[illegible]	27	5	-	23	2	18	27	
S 94	S 94	726 075 232 700	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	21	[illegible]	-	22	2	34	14	

Fortsetzung Tabelle I:

Profil-Nr.	Probenstück-Nr.	Koordinaten	Karbonat-Gehalt	Kalzit	Dolomit	Granat	Zirkon	Apatit	Epidot	Rutil	Turmalin	Spinell	Staurolith	Sonstige SM
S 97	S 97	725 925 / 232 950	88	55	33	58	34	7	-	20	11	21	9	K
S 115	S 115	726 790 / 233 600	87	62	25	52	32	10	-	21	10	20	7	
S 96	S 96	726 450 / 233 850	85	41	44	55	30	6	-	25	12	18	8	M,Z',G'
S 98	S 98	725 050 / 233 350	88	55	33	60	30	8	-	20	10	20	11	M,Z',G'
S 99	S 99	724 600 / 233 300	88	62	26	47	28	7	-	18	6	34	8	
S 114	S 114	725 750 / 234 500	74	54	20	48	38	8	-	22	8	20	4	
S 100	S 100	724 400 / 234 050	85	67	18	73	26	8	-	26	12	16	12	M,Z',G'
S 112	S 112	725 200 / 234 575	89	47	42	66	47	1	-	24	3	17	8	
S 101	S 101	724 200 / 234 375	80	62	18	69	30	4	-	30	12	13	12	M,Z',G'
S 108	S 108	725 050 / 235 200	45	37	9	70	8	44	-	3	8	19	17	
S 111	S 111	724 950 / 235 500	88	58	30	68	32	4	-	29	4	28	4	M,G',T',K
S 109	S 109	725 000 / 235 850	89	46	43	54	16	14	-	14	5	44	8	
S 123	S 123	725 510 / 236 950	84	50	34	53	31	19	-	15	9	16	9	
S 124	S 124	725 550 / 236 500	65	33	32	63	34	14	-	17	15	6	14	
S 104	S 104	724 600 / 236 200	72	64	8	77	11	69	-	7	3	-	10	C
S 105	S 105	724 200 / 236 500	75	70	5	66	14	52	3	6	4	-	22	
SCHAENERBERG-PROFIL														
L 1	X 2	723 550 / 221 300	78	51	27	44	35	1	-	22	5	26	10	
L 2	L 40	723 500 / 221 850	48	48	-	43	37	9	-	10	6	35	3	
L 3	L 41	723 075 / 222 075	64	50	14	49	28	8	-	21	19	22	2	
L 4	L 50	723 400 / 222 750	67	42	25	57	31	9	-	22	17	7	13	
L 5	L 49	723 500 / 222 960	82	57	25	59	26	15	-	27	14	9	8	
L 6	L 48	723 500 / 223 080	87	61	26	60	28	5	-	22	20	9	19	
L 7	L 42	722 650 / 222 150	82	57	25	60	18	17	-	20	22	8	16	
L 8	L 51	723 200 / 222 850	86	57	29	34	9	26	-	8	16	26	16	
L 9	L 43	722 500 / 222 250	64	42	22	15	38	10	-	15	3	34	2	
L 10	L 44	722 300 / 222 550	89	65	23	38	27	13	-	8	7	37	8	
L 11	L 45	722 250 / 222 850	87	48	39	41	20	14	-	11	8	35	11	
L 12	L 52	722 950 / 223 650	68	49	19	49	26	7	-	22	10	28	8	
L 13	L 53	723 100 / 224 075	75	56	19	52	26	13	-	12	11	27	11	
L 14	L 103	723 420 / 224 825	57	50	7	59	18	29	-	12	29	6	6	Ez,B,G'
L 15	L 104	723 410 / 224 825	50	40	10	60	19	28	-	20	15	18	-	
L 16	L 105	723 410 / 224 825	54	42	12	66	22	9	-	28	26	12	3	
L 17	L 107	723 050 / 224 650	64	45	19	43	34	11	-	14	11	27	3	
L 18	L 46	722 375 / 225 000	64	49	15	43	31	8	-	10	2	47	2	
L 19	X 12	722 500 / 226 300	66	50	16	47	34	9	-	18	8	23	8	
L 20	L 47	722 600 / 227 625	69	52	17	56	32	14	-	20	8	16	10	
HIRZLI-PROFIL														
H 1	L 112	719 025 / 221 525	80	60	20	64	28	10	-	16	8	14	24	Ez
H 2	L 110	719 000 / 221 575	67	51	16	38	32	7	-	23	6	25	8	Ez,G'
H 3	L 111	719 000 / 221 725	68	57	11	37	27	13	-	13	3	36	9	Ez,T',K
H 4	L 113	718 450 / 221 725	77	50	27	48	31	7	-	17	7	28	11	Hbl
H 5	L 114	718 675 / 222 050	75	65	10	47	19	6	-	20	6	29	7	T',G'
H 6	L 115	718 800 / 222 400	51	35	16	37	26	11	-	15	5	28	16	Ez,T'
H 7	L 116	718 650 / 222 625	68	46	22	38	20	14	-	25	7	30	5	Ez,T',K
H 8	L 128	718 760 / 222 960	66	51	29	67	6	22	-	11	13	4	42	Ez,
H 9	L 123	718 960 222 750	63	47	16	45	12	31	-	14	7	7	28	T',G,Hbl
H 10	L 124	718 960 / 222 750	44	33	11	49	13	15	-	24	5	26	17	Ez
H 11	L 122	718 960 222 750	[illegible]	[illegible]	20	33	11	22	-	26	7	18	15	

Fortsetzung Tabelle I:

Profil-Nr.	Handstück-Nr.	Koordinaten	Karbonat-Gehalt	Kalzit	Dolomit	Granat	Zirkon	Apatit	Epidot	Rutil	Turmalin	Spinell	Staurolith	Sonstige SM
HIRZLI-PROFIL														
H 12	L 121	718 960 / 222 750	43	28	15	70	24	42	-	19	8	5	3	T'
H 13	L 55	718 100 / 222 700	64	57	7	73	21	7	-	16	8	21	27	G',M,B,Gn
H 14	L 130	718 425 / 223 150	74	52	22	69	32	2	-	14	11	15	25	B,Ez
H 15	L 131	718 425 / 223 160	56	48	8	70	23	11	-	17	11	23	16	Ez,T',Z'
H 16	L 132	718 525 / 223 230	55	42	13	38	6	32	-	19	6	13	23	Ez
H 17	L 119	718 650 / 223 325	63	51	12	30	30	6	-	18	5	30	11	Ez,G',M
H 18	L 1	719 475 / 223 450	76	59	17	45	25	14	-	4	9	44	4	G',Gn,Bi
H 19	L 2	718 275 / 223 675	81	54	27	42	33	19	-	8	4	29	8	G',Gn,Di,Z
H 20	L 3	718 150 / 223 750	82	51	31	46	17	14	-	9	9	38	12	T',Hbl
AUSTOCK-PROFIL														
Au 1	L 142	714 430 / 221 925	34	21	13	23	6	53	-	24	11	6	-	
Au 2	L 141	714 450 / 221 900	36	21	15	33	13	47	-	25	8	7	-	
Au 3	L 134	714 710 / 222 000	42	34	8	53	18	35	-	19	7	18	4	T',Bi
Au 4	L 68	714 775 / 222 100	61	41	20	77	15	21	-	21	18	25	1	Ez,B
Au 5	L 69	714 775 / 222 105	61	36	25	79	19	31	-	17	9	21	3	K,G'
Au 6	L 70	714 950 / 222 200	41	36	5	65	6	27	-	22	19	9	17	T',Z',B
Au 7	L 71	714 950 / 222 210	43	39	4	69	12	22	-	27	16	6	17	
Au 8	L 72	714 960 / 222 225	41	40	1	56	28	3	-	37	10	7	16	T',G',Ez
Au 9	L 73	715 060 / 222 400	73	53	20	51	29	6	-	20	8	27	9	
Au 10	L 74	715 075 / 222 450	36	33	3	37	48	4	-	33	7	2	6	G'
Au 11	L 75	715 100 / 222 675	89	57	32	63	17	12	-	14	26	21	10	K,G',T',B
Au 12	L 76	715 075 / 222 825	88	54	34	59	46	5	-	16	9	13	11	T',Ez
Au 13	L 77	715 075 / 223 200	71	52	19	53	39	13	-	14	13	10	11	K,G',Ez
Au 14	L 79	715 150 / 223 475	83	63	20	57	18	9	-	15	7	27	24	C,G',B,K
Au 15	L 81	715 250 / 223 725	91	64	27	57	26	8	-	15	10	29	11	C,Ez
Au 16	L 83	715 575 / 223 775	87	66	21	48	24	4	-	16	4	45	7	C,G',T',Z'
Au 17	L 82	715 375 / 223 900	93	60	33	46	40	2	-	13	6	32	7	B,Gn
Au 18	L 84	714 850 / 223 750	90	67	23	58	18	5	-	15	8	43	11	Gn,T',Ez
Au 19	L 85	714 800 / 223 850	83	60	23	51	28	4	-	17	2	42	7	T',G',B
Au 20	L 86	714 575 / 224 050	83	56	27	51	25	8	-	11	4	41	11	G',K,Z'
Au 21	L 87	714 600 / 224 350	88	70	18	41	29	10	-	10	5	41	5	T'
Au 22	L 89	715 200 / 224 600	85	55	30	48	30	9	-	23	7	20	10	T',G'
Au 23	L 90	715 650 / 225 075	90	54	36	63	25	9	-	24	6	21	15	
STOCKBERG-SIEBNEN-PROFIL														
St 1	Flysch	713 910 / 221 000	56	56	-	16	50	-	-	18	32	-	-	
St 2	L 143	712 600 / 221 850	35	33	2	45	36	10	-	26	12	7	6	
St 3	Mr Ba	712 450 / 221 880	50	35	15	40	16	35	-	15	14	19	-	
St 4	Hb Ch	712 425 / 221 900	46	35	11	26	19	32	-	24	13	12	-	
St 5	Gr Ch	712 400 / 221 950	46	36	10	66	25	15	-	20	12	27	1	
St 6	L 5	712 800 / 222 325	67	48	19	77	15	21	-	21	18	25	1	
St 7	L 7	712 800 / 222 235	74	48	26	86	18	24	-	15	11	19	13	
St 8	L 8	712 800 / 222 375	39	37	2	55	10	42	-	7	9	26	6	
St 9	L 4	712 800 / 222 375	62	46	16	68	21	22	-	15	10	23	9	
St 10	L 9a	712 600 / 222 500	52	29	23	60	57	8	-	16	8	15	2	G',Z',Ez
St 11	L 9	712 350 / 223 100	85	53	32	54	26	14	-	15	14	17	14	
St 12	L 10	712 175 / 223 375	62	49	13	45	25	5	-	22	10	29	10	
St 13	L 11	712 100 / 223 400	75	54	21	57	35	16	-	23	10	9	8	
St 14	L 11a	711 100 / 223 050	73	53	19	52	59	3	-	21	8	5	5	G',T',Ez
St 15	L 12	711 730 / 223 360	89	52	37	57	20	20	-	22	5	18	10	G',Z'

Fortsetzung Tabelle I:

Profil-Nr.		Einzelstück-Nr.		Koordinaten	Karbonat-Anteil	Feldspat	Quarz	Granat	Zirkon	Apatit	Epidot	Rutil	Turmalin	Spinell	Staurolith	Sonstige SM
STOCKBERG-SIEBNEN-PROFIL																
St	16	L	13	711 550 / 223 800	88	56	32	49	20	31	-	11	10	11	17	G',Gn,Z'
St	17	L	14	711 500 / 223 975	81	50	31	41	10	16	-	21	8	18	27	G',Gn,Z'
St	18	L	15	711 425 / 224 030	82	59	23	48	30	17	-	15	7	15	15	G',Hbl
St	19	L	17	711 100 / 224 200	91	61	30	37	10	10	-	12	4	41	22	
St	20	L	18	711 200 / 224 675	80	50	30	66	35	6	-	20	6	18	14	G'
St	21	L	19	710 425 / 224 500	68	56	12	55	39	17	-	7	13	17	7	G',C,K,T'
St	22	L	19a	711 450 / 225 100	84	57	27	50	23	13	-	20	6	36	2	T',K
St	23	L	19b	711 500 / 225 250	73	61	12	54	32	5	-	6	9	43	5	C
THUR-PROFIL																
Th	1	D	A	734 800 / 230 125	54	31	23	72	41	-	-	37	10	11	2	
Th	2	D	B	734 700 / 230 525	81	62	19	60	27	4	-	26	13	23	7	
Th	3	D	C	734 650 / 230 750	81	56	25	51	26	3	3	28	10	26	4	
Th	4	D	D	734 550 / 230 950	58	45	13	65	45	1	2	24	10	16	1	
Th	5	D	F	734 350 / 231 300	40	28	12	41	25	14	-	32	3	24	1	
Th	6	D	G	734 180 / 231 250	75	53	22	55	50	4	-	20	8	18	-	
Th	7	D	H	734 125 / 231 360	45	40	5	68	33	11	-	26	18	6	6	
Th	8	D	I	734 000 / 231 375	34	29	5	67	32	2	-	44	15	4	4	
Th	9	D	I	734 000 / 231 375	47	43	4	75	23	3	-	39	26	10	-	
Th	10	D	L	734 000 / 231 375	65	54	11	65	23	15	1	26	20	15	-	
Th	11	D	70.1	735 030 / 232 520	45	35	10	70	8	40	-	9	26	18	1	
Th	12	D	84	733 910 / 232 100	54	31	23	57	23	13	-	23	22	10	7	
Th	13	D	111	733 900 / 232 090	44	40	4	70	25	13	-	18	5	2	37	
Th	14	D	82	733 750 / 232 210	59	41	18	51	34	14	-	16	11	7	18	
Th	15	D	1o6	733 700 / 232 120	84	63	21	73	30	5	-	28	-	21	16	
Th	16	D	107	733 620 / 232 060	72	54	18	56	46	1	2	32	1	13	6	
Th	17	D	108	733 720 / 232 360	90	60	30	51	20	5	1	18	9	15	31	
Th	18	D	81	733 720 / 232 355	78	65	13	45	33	13	-	18	16	12	9	
Th	19	D	1o3	733 700 / 232 275	83	58	25	44	59	1	-	19	2	7	11	
Th	20	D	132	733 500 / 232 700	83	56	27	47	22	4	7	23	14	7	21	
STOCKNEREGG-PROFIL																
EG	1	D	116	736 020 / 231 100	49	48	1	62	28	16	2	26	16	4	4	
EG	2	D	117	736 200 / 231 350	43	43	-	45	60	4	2	32	2	8	2	
EG	3	D	131	737 200 / 232 075	76	47	29	57	36	4	3	27	6	18	5	
EG	4	D	119	736 675 / 232 450	90	56	34	70	36	4	3	25	14	9	7	
EG	5	D	120	736 050 / 231 875	88	45	43	70	38	4	3	26	10	14	6	
EG	6	D	121	735 860 / 231 850	85	40	45	72	20	20	-	32	8	2	18	
EG	7	D	122	735 925 / 232 000	72	52	20	63	28	8	1	32	16	1	13	
EG	8	D	123	735 850 / 232 100	64	40	20	71	17	14	2	17	25	2	23	
EG	9	D	79	734 975 / 232 140	50	49	1	49	52	8	1	22	16	-	2	
EG	10	D	127.1	735 310 / 232 890	54	42	12	61	26	[illegible]	1	13	14	12	1	
EG	11	D	70.2	735 030 / 232 520	45	35	10	70	8	40	-	9	26	18	1	
EG	12	D	38	734 950 / 233 155	81	45	36	80	16	7	-	10	[illegible]	-	40	
EG	13	D	94	734 930 / 233 165	72	47	25	63	4	15	-	4	57	3	16	
EG	14	D	93	734 900 / 233 175	62	45	17	73	7	18	-	15	31	4	25	
EG	15	D	92	734 810 / 233 175	13	[illegible]	4	45	32	17	-	14	23	17	3	
EG	16	D	91	734 810 / 233 175	55	32	23	63	13	12	-	19	32	6	18	
EG	17	D	60	735 050 / 233 450	84	47	[illegible]	54	25	21	-	12	12	16	13	
EG	18	D	90	734 860 / 233 300	73	49	24	58	25	21	-	7	17	5	24	
EG	19	D	61	735 010 / 233 550	76	[illegible]	18	44	17	21	-	9	14	26	14	

Fortsetzung Tabelle I:

Profil-Nr.		Handstück-Nr.	Koordinaten	Karbonat-gehalt	[illegible]	[illegible]	Granat	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Turmalin	Spinell	Staurolith	Sonstige SM
RIETBAD-PROFIL															
R 1	D	119	736 680 / 232 425	89	48	41	[illegible]	41	4	2	[illegible]	[illegible]	17	6	
R 2	D	120.1	736 500 / 232 575	90	55	35	72	[illegible]	8	3	[illegible]	14	[illegible]	[illegible]	
R 3	D	121.2	736 550 / 232 530	85	40	45	72	20	[illegible]	-	[illegible]	8	2	[illegible]	
R 4	D	146	736 360 / 233 110	70	48	22	65	24	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	
R 5	D	145	736 400 / 232 720	64	44	20	72	27	14	2	[illegible]	27	2	21	
R 6	D	79	734 975 / 232 140	50	49	1	49	52	6	1	[illegible]	16	-	2	
R 7	D	144	736 360 / 233 110	43	43	-	45	[illegible]	4	2	[illegible]	2	8	4	
R 8	D	25	736 360 / 233 115	38	37	1	70	65	3	2	[illegible]	2	6	2	
R 9	D	125	736 355 / 233 125	30	30	-	33	[illegible]	4	1	[illegible]		12	5	
R 10	D	64	735 865 / 233 030	33	29	4	65	[illegible]	46	3	[illegible]	15	-	5	
R 11	D	12	736 350 / 233 140	45	40	5	73	22	19	-	[illegible]	[illegible]	-	5	
R 12	D	11	736 340 / 233 160	52	36	16	69	20	22	2	[illegible]	16	4	4	
R 13	D	46	736 320 / 233 165	36	30	6	74	19	32	2	[illegible]	24	5	2	
R 14	D	19	736 315 / 233 170	24	23	1	83	14	26	1	[illegible]	[illegible]	11	-	
R 15	D	63	736 310 / 233 170	58	46	12	63	26	3	1	[illegible]	24	12	1	
R 16	D	9	736 310 / 233 190	64	62	2	72	24	37	3	23	15	5	-	
R 17	D	6	736 250 / 233 300	34	27	7	68	32	20	1	[illegible]	2	4	7	
R 18	D	2	736 200 / 233 750	70	57	30	66	52	10	1	13	4	4	[illegible]	
R 19	D	1	736 200 / 233 750	29	22	7	48	27	45	1	2	17	4	16	
R 20	D	232	736 050 / 233 590	66	53	13	27	13	37	12	18	3	6	[illegible]	
UPNAESCH-PROFIL															
U 1		561	739 080 / 239 025	73	48	25	[illegible]	19	4	1	10	37	14	16	
U 2		510	741 810 / 239 500	63	43	20	85	85	[illegible]	-	10	33	12	8	
U 3		560	739 275 / 238 625	81	35	46	64	45	23	1	8	12	1	20	
U 4		559	739 025 / 238 300	64	34	30	44	20	10	8	12	48	6	4	
U 5		558	739 025 / 238 275	67	32	35	17	5	17	9	2	14	1	11	
U 6		557	739 850 / 237 725	51	39	12	37	5	78	3	1	8	-	2	
U 7		556	740 060 / 237 420	72	60	12	88	5	65	15	1	9	-	5	
U 8	S	226	740 200 / 237 025	69	49	20	58	16	31	19	16	7	2	8	
U 9	S	227	740 400 / 236 725	61	48	13	20	3	7	82	1	1	-	5	
U 10	S	228	740 650 / 236 900	74	44	30	42	56	2	-	17	2	14	6	
U 11	S	229	741 110 / 236 460	41	53	38	53	21	5	-	20	15	22	17	
U 12	S	231	741 350 / 236 125	77	48	29	52	25	8	-	5	20	28	11	
U 13	S	230	741 550 / 235 850	64	38	26	56	28	4	-	7	49	14	8	
U 14	S	224	741 350 / 224 825	51	44	7	64	37	17	-	20	8	18	-	B
U 15	S	223	741 400 / 234 700	48	41	7	22	46	3	-	34	5	11	1	B
SCHMIDBERG-KAPPEL-PROFIL															
K 1	Wi	B	730 875 / 236 150	76	52	24	65	14	11	1	20	30	5	19	
K 2	Wi	Tr	730 500 / 234 725	88	59	29	54	14	8	-	21	3	14	40	
K 3	E		727 875 / 235 050	52	64	18	64	30	17	-	19	12	18	12	
K 4	E	Stt	728 850 / 236 450	79	62	17	63	36	6	-	17	10	22	5	
K 5	D	142	727 220 / 236 550	70	47	23	48	37	2	-	23	2	33	5	
K 6	D	141	727 325 / 236 825	70	46	24	51	48	3	-	25	3	25	6	
K 7	D	133	727 250 / 237 025	89	46	43	54	16	14	-	14	5	44	8	
K 8	S	124	725 550 / 236 500	67	33	32	63	34	14	-	17	15	6	14	
K 9	S	123	725 510 / 236 590	84	50	34	53	41	19	-	15	9	16	9	
K 10	D	139	726 900 / 237 280	51	46	5	52	21	9	3	29	10	7	21	
K 11	D	137	726 875 / 237 630	35	30	5	75	23	40	-	12	8	11	1	
K 12	D	138	726 560 / 237 790	75	70	5	66	14	52	3	6	4	-	22	
K 13	S	104	726 710 / 238 125	72	64	8	77	11	69	-	7	3	-	16	

Fortsetzung Tabelle 1 :

Lokalität	Anzahl Proben	Koordinaten	Karbonat-Gehalt	Kalzit	Dolomit	Granat	Zirkon	Apatit	Rutil	Turmalin	Spinell	Staurolith
UNTERE MEERESMOLASSE	(Mittelwerte)											
RIETBAD-SCHICHTEN / DEUTENHAUSENER SCHICHTEN												
Rietbad (Toggenburg)	8	s.Rietbad-Profil	64	44	20	66	16	17	12	23	3	27
Bödele-Strasse	5	775 950/254 710	40	32	8	73	15	44	23	16	1	2
Egg	3	784 925/256 000	62	39	23	80	11	25	45	15	4	-
GRISIGER MERGEL												
Chatzenruggen	4	712 425/221 950	50	40	10	67	25	15	18	12	26	2
Lauihöchi	1	714 700/222 090	42	34	8	53	18	35	19	7	18	4
Bilten	3	718 400/223 025	64	57	7	73	21	7	16	8	21	27
Geissbach	2	726 900/230 500	46	38	8	59	23	22	10	11	12	21
Bruggenwald	2	729 200/230 850	54	47	7	56	15	21	15	9	21	20
Thur/Lutenwil	2	735 100/232 490	45	35	10	70	8	40	9	26	18	1
Rietbad	3	736 200/233 300	45	35	10	57	26	31	12	18	10	3
Schwägalp	1	741 320/234 825	51	44	7	64	37	17	20	8	18	-
Eugst	2	748 600/240 100	42	33	9	47	25	18	6	13	34	4
Hirschberg/Aubach	1	755 300/244 800	50	45	5	36	16	30	18	30	5	-
Eichberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bödele-Strasse	3	775 800/254 925	50	42	8	75	14	27	24	29	6	-
Egg	2	785 200/256 200	51	41	10	70	22	17	30	15	16	-
Krumbach/Bolgenach	2	788 550/261 450	56	45	11	72	15	25	32	4	6	17
HORWER SANDSTEINE												
Chatzenruggen	2	712 450/221 925	46	34	12	26	19	32	24	13	12	-
Schärtler	2	712 800/222 330	68	47	21	81	16	19	18	24	17	7
Lauihöchi	2	714 700/222 110	60	38	22	78	17	26	19	14	23	2
Bilten/Rotberg	2	718 900/222 800	56	39	17	71	17	32	23	8	11	9
Schänis/Rappenbach	2	723 400/224 800	52	41	11	63	20	19	24	20	15	2
Geissbach	2	726 900/230 525	60	35	25	48	19	25	18	9	15	14
Bruggenwald	2	729 200/230 810	65	50	15	43	17	23	33	4	20	3
Thur/Lutenwil	2	734 000/231 350	54	42	12	61	26	33	13	14	12	1
Rietbad	3	736 750/233 200	39	33	6	70	20	30	25	13	9	1
Eugst	1	748 620/240 075	39	31	8	37	25	35	-	25	10	5
Eichberg	1	757 060/246 010	64	45	19	39	68	2	20	3	6	-
Bödele-Strasse	2	775 950/255 000	50	40	10	56	21	13	20	11	34	-
Egg	2	785 225/256 225	71	49	22	71	13	7	25	24	16	12
Krumbach/Bolgenach	2	788 550/261 450	69	50	19	81	13	18	43	5	5	16

LITERATURVERZEICHNIS

ALLEN, J.R.L. (1970): Studies in fluviatile sedimentation: a comparision of fining-upwards cyclothems, with special reference to coarse-member composition and interpretation. - J.Sediment.Petrol. 40, 298-323.

ASQUITH, D.O. (1974): Sedimentary models, cycles and deltas, Upper Cretaceous, Wyoming. Bull.Am.Ass.Petrol.Geol. 58, 2274-2283.

ARBEITSGRUPPE FUER STRATIGRAPHISCHE TERMINOLOGIE (1973): Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen, insbesondere lithostratigraphischen Nomenklatur in der Schweiz. - Eclogae 66/2, 1973.

BAHLO, E. (1976): Gebissreste von Cricetiden und Theridomiden (Rodentia) aus dem Mitteloligozän von Gabsheim bei Alzey. - Mainzer geowiss.Mitt. 5.

BAUDELOT, S.& L. de BONIS (1966): Nouveaux Gliridés (Rodentia) de l'Aquitanien du bassin d'Aquitaine. - C.R.S. soc.géol. Fr., fasc.9, 341-343.

- (1968): Contribution à l'étude des Rongeurs de l'Aquitanien moyen supérieur de l'Agenais. - Bull.Soc. Hist. Nat. Toulouse, 104, 160-164.

BAUMBERGER, E. (1925): Versuch einer Umdeutung der Profile durch die subalpine Molasse der Zentralschweiz und der Ostschweiz. - Eclogae geol. Helv. 19.

- (1930): Vorläufige Mitteilung über die Altersbestimmung der subalpinen Süsswassermolasse in der Ostschweiz. - Eclogae geol. Helv 23, 555.

- (1931): Zur Tektonik und Altersbestimmung am schweizerischen Alpenrand. Eclogae geol. Helv. 24.

- (1934a): Ueber die Cyrenen der stampischen Molasse am Alpennordrand. Eclogae 27.

- (1934b) & R.KRAUSEL: Die Horwer Platten südlich Luzern. - Mém. suisse de la Paléontologie, 55.

- (1935): Vorläufige Mitteilung über die stampische Molluskenfauna von Bilten und deren geologische Auswertung. - Eclogae geol. Helv. 28, 560-563.

BEACH AND NEARSHORE SEDIMENTATION. - SEPM, spec.Publ. 24.

BECK, P. (1945): Ueber den Mechanismus der subalpinen Molassetektonik. Eclogae geol. Helv. 38, 353.

BERGGREN, W.A. & VAN COUVERNING, J.A. (1974): The late Neogen. - Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol, 16, 1-216.

BERSIER, A. (1945): Sédimentation molassique: Variations latérales et horizons continus à l'Oligocène.- Eclog. geol. Helv., 38/2, 452-458.

- (1948): Les sédimentations rythmiques synorogéniques dans l'avant-fosse molassique alpine. - Int. Geol. Congress, 18th Session, Great Britain, part IV, 83-92.

- (1949): La sédimentation cyclique de type molassique paralique en fonction de la subsidence continue. - Sédimentation et Quaternaire, Led-Sam édit., Bordeaux, 9-14.

- (1958a): Exemples de sédimentation cyclothématique dans l'Aquitanien de Lausanne. - Eclogae geol. Helv. 51/3.

- (1958b): Séquences détritiques et divagations fluvials. - Eclogae geol. Helv. 51/3.

BLAU, R.V. (1966): Molasse und Flysch im östlichen Gurnigelgebiet (Kt.Bern). Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.) 125.

BLUMER, E. (1906): Zur Kenntnis des helvetischen Alpen-Nordrandes. -Vjschr. natf. Ges. Zürich, 51.

BRAMLETTE, M.N. & WILCOXON, J. A. (1967): Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero Section, Trinidad, W.I. - Tulane Studies Geol., 5/3, 93-131.

BREDDIN, H. (1964): Die tektonische Deformation der Fossilien und Gesteine in der Molasse von St. Gallen (Schweiz). - Geol. Mitt. 4, Aachen.

BUECHI, U.P. (1961) & COLOMBI,C., FEHR, W.R., LEMCKE, K., KOEWING, K., FUECHTBAUER, H., TRUEMPY, R.: Geologische Ergebnisse der Bohrung Küsnacht 1. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 28/74, 7-16.

BUECHI, U.P., HOFMANN, F. & WIENER, G. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken aufgrund von Erdöltiefbohrungen in der Zentralschweiz und in der Ostschweiz. Eclogae geol. Helv. 58/1.

BUECHI, U.P. (1967): Geologischer Führer für die Exkursion in die st.gallisch-appenzellische Molasse und den Alpenrand. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 33/84.

BUECHI, U.P. & SCHLANKE, S. (1977): Zur Paläogeographie der schweiz. Molasse. Erdöl Erdgas Zeitschrift, OEGEW-Sonderausgabe 1977, 57-69, Urban Verlag Hamburg/Wien.

BULL, W. B. (1972): Recognition of alluvial-fan deposits in the stratigraphic record. - Soc. Econom. Pal. Min., Spec. public. 16, 63-83.

BUXTORF, A., KOPP, J. & BENDEL, L. (1941): Stratigraphie und Tektonik der aufgeschobenen subalpinen Molasse zwischen Horw und Eigenthal bei Luzern. Eclogae geol. Helv. 34/1.

BUXTORF, A. & KOPP, J. (1943): Ueber das Unterstampien der Rigi und über Querbrüche in der Molasse zwischen Vierwaldstätter- und Zugersee. - Eclogae geol. Helv.36.

CADISCH, J. (1923): Beiträge zur Entstehungsgeschichte der Nagelfluh. - Eclogae geol. Helv. 18/2.

- (1928): Das Werden der Alpen im Spiegel der Vorlandsedimentation. - Geol. Rdsch. 19

- (1930): Geologische Beobachtungen im Molassegebiet zwischen Linth und Thur. Eclogae geol. Helv. 23/2, 567-671.

CASTEL, M. (1967): Charophytes de l'Oligocène supérieur de Marseille. Bull. Soc. geol. Fr., 7, IX, 514-519.

- (1968): Zones de Charophytes pour l'Oligocène d'Europe occidentale. C.R.S. Soc. géol. Fr., fasc. 4, 121-123.

CAROZZI, C. (1954): Tektonik und zyklische Sedimentation. - Geol. Rdsch. 42.

CICHA, I., FAHLBUSCH, V. & FEJFAR, O. (1972): Die biostratigraphische Korrelation einiger jungtertiärer Wirbeltierfaunen Mitteleuropas. - N.Jb. Geol. Paläont. Abh. 140.

CLARK, J., BEERBOWER, J.R., & KIETZKE, K.K. (1967): Oligocene sedimentation, stratigraphy, paleoecology and paleoclimatology in the Big Badlands of South Dakota. - Fieldiana: Geology memoirs, 5, 158, Chicago.

CLIFTON, H. E., (1969): Beach lamination-nature und origin. - Mar. Geol., 7, 553-559.

- (1976): Wave - formed sedimentary structures: a conceptual model. Beach and Nearshore Sedimentation, SEPM, spec. publ. 24, 126-148.

COHEE, G.V., GLAESSNER, M.F., HEDBERG, H.D. (1978): Contributions to the geologic time scale. - Studies in Geology, 6. AAGP, Tulsa, USA.

COLEMANN, J.M. & WRIGHT, L. D. (1975): Modern river deltas: variability of processes and sand bodies. - In: M.L. Broussard (Ed.)., Deltas, models for exploration, Houston geol. Soc., 99-149.

COLLINSON, J.D., ELLIOT, T., READING, H. G. (1978): Environments and facies of sand bodies.- A course book for prof. geologists. Printed by the seacourt Press, Cowley-Oxford, GB.

CSEPREGHY-MEZNERICS, I. (1964): Le problème du "Chattien"-Aquitanien du point de vue de l'histoire à la subdivision du Miocène.-In "Colloque sur le Paléogène" 1962. Mém. B.R.G.M., 28, 893-907.

CURTIS, D.M. (1970): Miocene deltaic sedimentation, Louisiana Gulf Coast.- In: Deltaic sedimentation modern and ancient. SEPM, spec. publ. 15, 293-308.

DICKINSON, K. A., BERRYHILL, H.L., jr. and HOLMES, Ch. W. (1972): Criteria for recognizing ancient barrier coastlines. - SEPM, spec. publ. 16, 193-214.

DIETRICH, V. (1969): Die Oberhalbsteiner Talbildung im Tertiär. Ein Vergleich zwischen den Ophiolithen und deren Detritus in der Ostschweizer Molasse. Eclogae 62/2.

DOEBL, F. et al. (1972): Ein "Aquitan"-Profil von Mainz-Weisenau (Tertiär, Mainzer Becken). - Geol. Jb. A,5, Hannover.

EISBACHER, G. H., CARRIGY, M. A. & CAMPBELL, R. B. (1974): Palaeodrainage pattern and late-orogenic basins of the Canadian Cordillera. - SEPM, spec. publ. 22, 143-166.

ESCHER v.d. LINTH, A. (1847): Bemerkungen über das Molassegebilde der östlichen Schweiz. - Mitt. Natf. Ges., Zürich, 7/1.

EUGSTER, H., FROEHLICHER, H., & SAXER, F. (1960): Erläuterungen zu Atlasblatt 23, Appenzell, St. Gallen. - Geol. Atlas der Schweiz, Kümmerly & Frey, Bern.

FAHLBUSCH, V. (1966): Cricetiden aus der mittelmiozänen Spaltenfüllung Erkertshofen bei Eichstätt. - Mitt. bayr. Staatess., Heft 6.

– (1970): Populationsverschiebungen bei tertiären Nagetieren, eine Studie an oligozänen und miozänen Eomyidae Europas. - Abh. bayer. Akad. Wiss. (N.F.)145.

– (1976): Report on the international symposium on stratigraphy of the European Tertiary.Newsl. Stratigr. 5 (2/3), 160-167.

FEIST-CASTEL, M. (1971): Sur les Charophytes fossiles du bassin tertiaire d'Alès (Grad). - Géobios, 4/3, 157-172.

FISHER, W. L. (1969): Facies characterization of Gulf coast basin delta systems, with some holocene analogues. - Transactions - Gulf Coast Ass. of geol. Soc., XIX, 239ff.

FOX, W.T. & DAVIS, R. A., jr. (1976): Weather patterns and coasted processes. In: Beach and Nearshore Sedimentation, SEPM, Spec. publ. 24, 1-23.

FREI, H. P. (1976): Geologie und Sedimentpetrographie der subalpinen Molasse im Stockberggebiet (Obertoggenburg). - Diplomarbeit an der philosophischen Fakultät II der Universität Zürich.

FREUDENBERG, H. (1941): Die oberoligozänen Nager von Gaimersheim bei Ingolstadt und ihre Verwandten. - Palaeontographica, XCII, Abt. A., 99-164.

FROEHLICHER H. (1933): Geologische Beschreibung der Gegend von Escholzmatt im Entlebuch. - Beitr. Geol. Karte Schweiz. N.F. 67.

FROEHLICHER, H. & WEILER, W. (1952): Die Fischfauna der unterstampischen Molasse des Entlebuchs, Kt. Luzern,und ihre paläogeographische Bedeutung. - Eclogae geol. Helv. 45.

FUECHTBAUER, H. (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. - Heidelberger Beitr. Min. und Petrogr., 4/1, 26-53.

- (1955): Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. -Z.deutsch. geol. Ges. Jahrgang 1953, B. 105/3, 527-530.

- (1955): Die Sedimentpetrographischen Untersuchungen in der Molasse der Bohrung Scherstetten 1. - Geol. Bavarica, 24, 44-51.

- (1958): Die Schüttungen im Chatt und Aquitan der deutschen Alpenvorlandmolasse. Eclog. geol. Helv., 51/3, 928-941.

- (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. - Eclogae 57/1, 157-298.

- (1967): Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. - Geol. Rdsch. 56/1, 266-300.

FUECHTBAUER, H. & MUELLER, G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine, Bd. II, Stuttgart.

GADOW, S. & REINECK, H.-E. (1969): Ablandiger Sandtransport bei Sturmfluten. Senckenberg. marit. 1, 63-78.

GASSER, U. (1966): Sedimentologische Untersuchungen in der äusseren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuchs (Kt. Luzern). - Eclog. geol. Helv., 59/2, 723-772.

- (1968): Die innere Zone der subalpinen Molasse des Entlebuchs. - Ecl. geol. Helv. 61/1, 229-319.

GINSBURG, R., N. (1975): Tidal Deposits. - A casebook of recent examples and fossil counterparts. - Springer Verlag, Berlin-NewYork.

GINSBURG, R.N. & LOWENSTAM, H. A. (1958): The influence of marine bottom communities on the deposition environment of sediments. - Journ. Geology, 66/3, 310-318.

GOERLICH, F. (1953): Ostracoden der Cytherideinae aus der tertiären Molasse Bayerns. Senckenbergiana, 34, 1/3, 117-148, Frankfurt.

GOLDSMITH, V. (1976): Continental shelf wave climate models: Critical links between shelf hydraulics and shoreline processes. - In: Beach and Nearshore Sedimentation SEPM, spec. publ. 24, 24-47.

GOLDRING, R. & BRIDGES, P. H. (1973): Sublittoral sheet sandstones. - J.Sedim. Petrol. 43, 736-747.

GOULD, H. R. (1970): The Missisippi Delta Komplex. - In: Deltaic Sedimentation modern and ancient SEPM, spec. publ. 15, 3-30.

GRAMBAST, L. (1962): Sur l'intérêt stratigraphique des Charophytes fossiles: example d'application au Tertiaire parisien. - C. R. S. Soc, géol. Fr., fasc. 3, 207-209.

- (1962): Aperçu sur les Charophytes tertiaires du Languedoc et leur signification stratigraphique. - C. R. S. Soc. géol. Fr. fasc. 10, 313-314.

- (1964): Indications fournies par les Charophytes pour la stratigraphie du Paléogène.- In "Colloque sur le Paléogène". - Mém. B.R.G.M, 28/II, Paris 1009-1111.

GRAMBAST, L. et PAUL, P. (1965): Observations nouvelles sur la flore de Charophytes du stampien du bassin de Paris. - Bull. Soc. Géol. Fr., (7), VII, 239-247.

GRIMM, W. D. (1957): Sedimentpetrographische Untersuchungen der Molasse-Bohrungen Schwabmünchen 1, Siebnach 1, und Rieden 1. - Geol. Bavarica 33.

- (1965): Schwermineralgesellschaften in Sandschüttungen, erläutert am Beispiel der süddeutschen Molasse. - Abh. bayer. Akad. Wiss. (N.F.) 121.

GRUENINGER, Ch. (1972): Geologische Untersuchungen in der Subalpinen Molasse des mittl. Toggenburgs. - Unpubl. Diplomarbeit an der Universität Zürich.

GUTZWILLER, A. (1871): Über die Molasse der Kantone St. Gallen und Appenzell. Abh. d. Schweiz. Natf. Ges. 1871.

- (1877): Molasse und jüngere Ablagerungen, enthalten auf Blatt IX des eidg. Atlas. - Beitr. z. Geol. Karte. der Schweiz. 14.Lf., 1.Abt.

HABICHT, K. (1937): Geologie des Stockberggebietes, Toggenburg. - Vorl. Mitt. Nat. Ges. Schaffhausen, Heft 13/9, 233-237.

- (1938): Zur Kenntnis der inneren subalpinen Molasse zwischen Toggenburg und Sitter. - Eclogae geol. Helv. 31, 370-373.

- (1943): Zur Geologie der Subalpinen Molasse zwischen Zugersee und Rheintal. Eclogae geol. Helv. 36, 202ff.

- (1945a): Geologische Untersuchungen im südlichen st. gallischen - appenzellischen Molassegebiet. - Beitr. geol. Karte. der Schweiz. N.F. 83, 1-166.

- (1945b): Neuere Beobachtungen in der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und dem St. Gallischen Rheintal. - Eclogae geol. Helv. 38, 121-149.

HAGN, H., & HOELZL, O. (1954): Zur Grenzziehung Katt/Aquitan in der bayerischen Molasse. - N.Jb. Geol. Paläont. Mh. B, 1.

HAGN, H., HOELZL, O., & HRUBESCH, K. (1962): Zur Gliederung des Oligozäns im östlichen Oberbayern und in Nordtirol. - N. Jb. Geol. Paläont. Hm.

HAHN Chr. (1969): Mineralogisch-sedimentpetrographische Untersuchungen an Flussbettsanden im Einzugsgebiet des Alpenrheins. - Eclogae. geol. Helv. 62/1, 227-278.

HANTKE, R. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. Erläuterungen. - Vjschr. natf. Ges. Zürich 112/2.

HARMS, J. C. (1975): Stratification and sequence in prograding shoreline deposits. In: Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences (J.C.Harms, J. B. Southard, D. R. Spearing & R. G. Walker). Lecture notes for S.E.P.M. short course no. 2, 81-1o2, Dallas, Texas.

HAUS, H. (1937): Geologie der Gegend von Schangnau im oberen Emmental. - Beitr. geol. Karte Schweiz. N. F. 75, 1-93.

HAYES, M. O. (1967): Hurricanes as geological agents, South Texas coast. - Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 51, 937-942.

HECKEL,Ph. P. (1972): Recognition of ancient shallow marine environments. - SEPM, spec. publ. 16, 226-286.

HEER, O. (1855, 1856, 1859): Flora tertiaria Helvetiae (I,II,II), Winterthour.

HEIM, Alb. (1905): Das Säntisgebirge. - Beitr. Geol. Schweiz. (N.F.) 16.

- (1919): Geologie der Schweiz I, 39-198, Leipzig.

HEIM, Arn. (1906): Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. - Eclogae geol. Helv. 9.

- (1928): Über Bau und Alter des Alpen-Nordrandes. - Eclogae geol. Helv. 21/1,73-80.

HEIM, Arn., BAUMBERGER, E., STEHLIN, H. G. & FUSSENEGGER, S. (1928): Die subalpine Molasse des westlichen Vorarlberg. - Vjschr. natf. Ges. Zürich, 73, 1-64.

HILTERMANN H. (1949): Klassifikation der natürlichen Brackwässer. - Erdöl & Kohle, 1, 4-8.

HILTERMANN, H. (1963): Erkennung fossiler Brackwassersedimente unter besonderer Berücksichtigung der Foraminiferen. - Fortschr. Geol. Rheinl. Westfalen, 10, 49-52.

HOBDAY, D.K. & READING, H. G. (1972): Fair weather versus storm processes in shallow marine sand bar sequences in the late Precambrian of Finmark, North Norway. - J. sedim. Petrol 42, 318-324.

HOCHULI, P. A., (1978): Palynologische Untersuchungen im Oligozän und Untermiozän der zentralen und westlichen Paratethys. - Beitr. Paläont. Oesterr. 4, 1-132, Wien.

HOFMANN, F. (1955): Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz. - Eclogae geol. Helv. 48, 99-124.

- (1957): Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz. - Eclogae geol. Helv., 50/2, 289-322.

- (1960): Materialherkunft, Transport und Sedimentation im schweiz. Molassebecken. - Jb. st.gall. natf. Ges. 76, 1-28.

- (1968): Zur Sedimentpetrographie der Molasse in den Bohrungen Pfaffnau Süd 1,2,4,5, Boswil 1 und Hünenberg 1. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. und -Ing., 35/87, 35-41.

HOLLIGER, A. (1955): Geologische Untersuchungen der subalpinen Molasse und des Alpenrandes in der Gegend von Flühli (Entlebuch, Kt. Luzern). - Eclogae geol. Helv. 48.

HOUTEN, F. B., van (1974): Northern alpine Molasse and similar cenozoic sequences of southern Europe. - In: SEPM, spec. publ. 19, 260-273.

HOWARD, J. D. (1972): Trace fossils as criteria for recognizing shorelines in stratigraphic record. - SEPM, spec. publ. 16, 215-225.

HUERZELER, J. (1945): Säugertierpaläontologische Bemerkungen zur Abgrenzung und Unterteilung des Aquitanien. - Eclogae geol. Helv. 38/2, 655-661.

HUENERMANN, K. A. (1964): Der Schädel eines Microbunodon (Mammalia, Artiodactyla, Anthracotheriidae) aus dem Chattium von Ebnat, Kt. St.Gallen. - Eclog. geol. Helv. 57/2, 823-824.

- (1967): Der Schädel von Microbunodon minus (CUVIER) (Artiodactyla, Anthracotheriidae) aus dem Chatt (Oligozän). - Eclog. geol. Helv. 60/2, 661-688.

HUGUENEY, M. (1967): Les Gliridés (Mammalia, Rodentia) de l'Oligocène supérieur de Coderet-Bransat (Allier).-C.R.S. Soc. géol. Fr., Fasc. 3, 91-92.

- (1968): Les Gliridés (Rodentia) de l'Oligocène supérieur de Saint-Victor-La-Coste (Gard). - Palaeovertebrata, vol. 2, fac. 1, 1-23.

- (1969): Les Rongeurs (Mammalia) de l'Oligocène supérieur de Coderet-Bransat (Allier). - Doc. Lab. géol. Fac. Sc. Lyon, 34.

HUGUENEY, M. & KISSLING, D. (1972): Nouveaux gisements de mammifères de l'Oligocène supérieur de Suisse occidentale. - Geobios, 5/1, 55-66.

ISELI, B. F. (1975): Geologie und Sedimentpetrographie des mittl. Luterentales. Unpubl. Diplomarbeit, Universität Zürich.

JOHNSON, H. D. (1975): Tide- and wave-dominated inshore and shoreline sequences from the late Precambrian, Finmark. North Norway. - Sedimentology, 22, 45-74.

KAUFMANN, F. J. (1860): Untersuchungen über die mittel- und ostschweiz. subalpine Molasse. - N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. Natw., XVII, 135.

- (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. - Beitr. geol. Karte Schweiz, 11, 199-364.

KISSLING, D. (1974) L'oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse. Stratigraphie et aperçu sédimentologique. - Thèse Université de Genève, Faculté des Sciences.

KOMAR, P.D. & INMAN, D.l. (1970): Longshore sand transport on beaches. - J. geophys. Res., 75, 5914-5927.

KOMAR, P.D. (1976): Beach Processes and Sedimentation. - Prentice-Hall, 429.

KOPP, J. (1937): Petrolgeologische Untersuchungen in der subalpinen Molasse zwischen Linth und Thur, mit spezieller Berücksichtigung der Petrolbohrung von Tuggen. Unpubl. Ber. an die Petroleum-Expertenkommission.

KUMAR, N. & SANDERS, J. E. (1976): Characteristics of shoreface storm deposits: modern an ancient examples. - J. sedim. Petrol.46, 145-162.

KUSTER-WENDENBURG, E. (1974): Fazielle, biostratonomische und feinstratigraphische Untersuchungen dreier Meeressandvorkommen (Rupelian) im Mainzer Tertiärbecken. Geol. Jb. A, 22, Hannover.

LEMCKE, K., ENGELHARDT, W. & FUECHTBAUER, H. (1953): Geologische und Sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. - Beih. zum Geol. Jb., 11.

LEMCKE, K. (1970): Epirogenetische Tendenzen im Untergrund und in der Füllung des Molassebeckens nördlich der Alpen. - Bull. Ver. Schweiz.Petrol. - Geol. und -Ing., 37/91, 25-34.

LINDEN, van der, W. J. M. (1967): Deltaic sequences in the tertiary peri-alpine depression. - Sediment. Geol., Amsterdam, 1, 77-81.

LINK, H. M. (1975): Matilija Sandstone: A transition from deep-water turbidite to shallow-marine deposits in the Eocene of California. - J. of Sedim. Petrol. 45/1, 63-78.

LUDWIG A. (1926): Aus dem ostschweiz. Molassegebiet. - Jb. d. st.gall. natf. Ges. Bd. 62.

- (1926): Stampische Molasse mit mariner Molluskenfauna am Nordrand des Säntisgebirges. - Eclogae XX, 1926.

LUDWIG, G. (1953): Untersuchungs- und Darstellungsmethoden von Schwermineralanalysen. Geologie, Berlin, 2/3, 208-219.

MATTER, A. (1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet. Eclogae geol. Helv. 57/2, 315-428.

Mc AFEE, G.M.R.,jr., & WOLF, C.L.,eds. (1972): Glossary of Geology. - Am. Geol. Inst. 858p.

Mc KEE,E. D. (1957): Primary structures in some recent sediments. - Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 41, 1704-1747.

MIALL, A. D. (1977): Fluvial Sedimentology. - Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Alberta, Canada.

MILNER, H. B. (1962): Sedimentary petrography. - 4th ed.(Allen & Unwin, London).

MOLLET, H. (1921): Geologie der Schafmatt-Schimberg-Kette. - Beitr. geol. Karte Schweiz. N. F. 47/3.

MOOS, A. von (1935): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 15/2, 169-265.

MORGAN, J. P. (1970): Depositional processes and products of deltaic environments. In: Deltaic sedimentation modern and ancient,SEPM, spec. publ. 15, 31-47.

MORKHOVEN, van, F.P.C.M. (1962,63): Post-Palaeozoic Ostracoda. Their morphology, taxonomy and economic use. - Vol I+II, Amsterdam-London-New York (Elesvier Publ. Company).

MUHEIM, F. (1934): Die subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. - Eclogae geol. Helv. 27/1, 181-296.

MUELLER, C. (1970): Nannoplankton-Zonen der Unteren Meeresmolasse Bayerns. - Geol. Bavarica 63, 107-117.

MUELLER, G. (1956): Die Schnellbestimmung des $CaCO_3/MgCO_3$-Anteils in karbonatischen tonarmen Gesteinen mit Dinatriumsalz der Aethylendiäminintetraessigsäure (AeDTE) - ein wichtiges Hilfsmittel für die Geologie. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 7.

MUELLER, H.P. (1971): Geologische Untersuchungen in der Subalpinen Molasse zwischen Einsiedeln und ob. Zürichsee (Kt. SZ).- Vjschr. natf. Ges. Zürich 116/1.

NELSON, B. W. (1970): Hydrograhy, sediment dispersal, and recent historical development of the Po River Delta, Jtaly. In: Deltaic Sedimentation modern and ancient,SEPM, Spec. publ. 15, 152-184.

NEWTON, R.S. (1968): Internal structure of wave-formed ripple marks in the near-shore zone. - Sedimentology, 11. 275-293.

OCHSNER, A. (1935): Ueber die subalpine Molasse zwischen Wägital und Speer. Eclogae geol. Helv. 28/2.

- (1975): Geol. Atlas der Schweiz. Erläuterungen zu Blatt 1133 Linthebene, Atlasblatt 53. - Kümmerly & Frey, Bern.

OERTLI, H. (1956): Ostrakoden aus der oligozänen und miozänen Molasse der Schweiz. Schweiz. Pal. Abh. 74, 1-120.

OOMKENS, E. (1967): Depositional sequences and sand distribution in a deltaic complex. - Geologie Mijnb., 46, 265-278.

- (1970): Depositonal sequences and sand distribution in the postglacial Rhône Delta complex. - In: Deltaic Sedimentation modern and ancient,SEPM, spec. publ. 15, 198-212.

PAPP, A. (1959): Tertiär, 1. Teil, Grundzüge Regionaler Stratigraphie. - Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1959.

PAULUS, B. (1963): Zur Stratigraphie und Fazies der oligozänen und miozänen Molasse im südlichen Oberbayern. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol. -Geol. u. -Ing. 30/78, 53-97.

PETTIJOHN, F.J. (1957): Sedimentary rocks. 3nd ed. (Harper, New York).

PETTIJOHN, F. J., POTTER & SIEVER (1973): Sand and Sandstone. - Springer Verlag.

RAAF, J.F.M.,de, & BOERSMA, J. R. (1971): Tidal deposits and their sedimentary structures. - Geologie Mijnb. 50, 479-504.

RAAF, J.F.M., de, BOERSMA, J.R. & GELDER, van (1977): Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. - Sedimentology 24, 451-483.

RECOGNITION OF ANCIENT SEDIMENTARY ENVIRONMENTS
Soc. Econ. Pal. Min. (SEPM), spec. publ. 16, 1972.

REINECK, H.-E. (1961): Sedimentbewegungen an Kleinrippeln im Watt. - Senckenberg. leth. 42, 51-61.

- (1963): Sedimentgefüge im Bereich der südlichen Nordsee. - Abh. senckenb. naturforsch. Ges. 505, 1-138.

REINECK, H.-E. & SINGH, I.B. (1971): Der Golf von Gaeta/Tyrrhenisches Meer. 3. Die Gefüge von Vorstrand- und Schelfsedimenten. - Senckenberg. marit. 3, 185-201.

- (1972): Genesis of laminated sand and graded rhytmites in storm-sand layers of shelf mud. - Sedimentology, 18, 123-128.

REINECK, H. E. (1972): Tidal flats. Recognition of ancient sedimentary environments. SEPM, spec. publ. 16, 147-159.

REINECK, H.E. & SINGH, I.B. (1973): Depositional Sedimentary Environments. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg- New York.

REINECK, H.-E. & WUNDERLICH, F. (1968): Zur Unterscheidung von asymmetrischen Oszillationsripplen und Strömungsrippeln. - Senckenberg. leth. 49, 321-345.

RENZ, H. H. (1937): Die Subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein. - Eclogae geol. Helv. 30/1.

RESCH, W.F.K, (1963): Die Deutenhausener Schichten und Tonmergel-Schichten zwischen Rheintal und Bregenzer Ach. - Unpubl. Dissertation Universität Innsbruck.

RICHTER, M. (1940): Die Gliederung der Subalpinen Molasse. - N.Jb.f.Min., Abt.B.

ROTH, P.H. (1970): Oligocene Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy. Eclogae geol. Helv. 63/3, 799-881.

RUTSCH, R. F. (1945): Neue Auffassung über die Entstehung der Molasse-Sedimente. Eclogae geol. Helv. 38/2.

- (1959): Molasse als Sedimentationstypus. - Eclogae geol. Helv. 51/3, 1042ff.

- (1961,62): Zur Paläogeographie der subalpinen Unteren Meeresmolasse (Rupelien) der Schweiz. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol-Geol. u.-Ing.28/74 und 75.

RUTSCH, R.F. & SCHLUECHTER, Chr. (1973): Stratigraphische Gliederung der Molasse im Bernischen Mittelland. - Mitt. natf. Ges. Bern (N.F.) 30.

RUTTE, E. (1962): Schlundzähne von Süsswasserfischen. - Paläontographica (A) 120, 165-212.

SALIS, K.,von (1967): Geologische und sedimentologische Untersuchungen in Molasse und Quartär südöstlich Wolhusen (Entlebuch, Kt. Luzern). - Verh. natf. Ges. Luzern 21.

SAUSSURE, H. B., de (1796): Voyage dans les Alpes. Neuchâtel.

SCHAUB, S. & HUERZELER, J. (1948): Die Säugetierfauna des Aquitanien vom Wischberg bei Langenthal. - Eclogae geol. Helv. 41/2.

SCHERER, F. (1964): Ostracoden aus der Subalpinen Oligozän-Molasse der Schweiz. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u.-Ing., 31, 80:10-24.

- (1966): Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Flysch und in der Molasse zwischen Thunersee und Eriz (Kt. Bern). - Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.) 127.

SCHIEMENZ, S. (1960): Fazies und Paläogeographie der subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. - Beih. geol. Jb. 38.

SCHLANKE, S. (1974): Geologie der subalpinen Molasse zwischen Biberbrugg SZ, Hütten ZH und Aegerisee ZG. - Eclogae geol. Helv. 67/2, 243-331.

SELLY, R.C. (1976): An Introduction to Sedimentology. - Academic press 1976.

SHEPARD, F.P. (1958): Sediment Environments of the Northwest Gulf of Mexico. Eclog. geol. Helv., 51/3, 598-608.

SPECK, J. (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee und Versuch einer paläogeographischen Auswertung. - Dissertation Universität Zürich.

SPOERRI, M. (1972): Geologische Untersuchungen zwischen Urnäsch und Sitter. Unpubl. Diplomarbeit an der Universität Zürich.

STAUB, R. (1934a): Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. - Denkschr. schweiz. natf. Ges. 69/1.

- (1934b): Abschnitt d: Zürich-Weesen-Chur etc. - Geol. Führer der Schweiz. Fasc. 4 (Wepf & Cie.,Basel).

- (1938): Prinzipielles zur Entstehung der alpinen Randseen. - Eclogae geol. Helv. 31/2.

STEHLIN, G.H. (1902): Classification de l'Oligocène et du Miocène en Suisse. Arch. Sciences Phys. Nat. V, 14, 492-494.

- (1902): Ueber die Grenze zwischen Oligocaen und Miocaen in der Schweizer Molasse. Eclogae geol. Helv. 7/1, 360-365.

- (1914): Uebersicht über die Säugetiere der schweiz. Molasseformation, ihre Funde und ihre stratigraphische Verbreitung. - Verh. natf. Ges. Basel 25.

(1919): Verzeichnis der Säugetierfunde in der schweiz. Molasse. - In HEIM, Alb.: Geologie der Schweiz (I), Tauchnitz, Leipzig.

- (1922): Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Gliederung der oligocänen Molasse. - Eclog. geol. Helv., 16/2, 575-581.

STEHLIN, H.G. & SCHAUB, S. (1951): Die Trigonodontie der simplicidentaten Nager. Schweiz. palaeont. Abh., 67, 1-385.

STEININGER, F. & SENES, J. (1971): Chronostratigraphie und Neostratotypen. Miozän der zentralen Paratethys, Bd. 2: Eggenburgien. - Verl.slow.Akad. Wiss., Bratislava.

STEININGER, F., ROEGL, F. & MARTINI, E. (1976): Current Oligocene/Miocene biostratigraphic concept of the central Paratethys (Middle Europe). Newsl. stratigr. 4 (3), 174-202.

STINTON, F.C. & KISSLING, D. (1969): Quelques otolithes de téléostéens de la Molasse oligocène de Suisse occidentale. - C.R. séances SPHN Genève, NS, 3/3, 140-154.

STINTON, F. C. & FREI, H. P. (1979): Fish otoliths in mid-oligocene freshwater molasse eastern Switzerland. - Eclogae geol. Helv. 72/3.

STRAATEN, L.M.J.U., van (1953): Rhythmic patterns on Dutch North Sea beaches. Geologie Mijnb. 15, 31-43.

- (1959a): Minor structures of some recent littoral and neritic sediments. Geol Mijnb. 21, 197-216.

- (1959b): Littoral and submarine morphology of the Rhône delta. Proceedings of the 2nd Coastal Geographical Conference, Baton Rouge. - (Nat. Acad. Sci. Nat. Rec. Council, 233-264).

- (1964) Deltaic and shallow marine deposits. - Developments sedimentology, 1, 464p. Amsterdam.

STUERM, B. (1974): Die Rigi-Schüttung: Sedimentpetrographie, Sedimentologie, Paläogeographie, Tektonik. - Diss. Universität Zürich.

STUDER, B. (1825): Beyträge zu einer Monographie der Molasse, 38, Bern.

- (1853): Geologie der Schweiz, 2/3: Das Hügelland, Bern u. Zürich.

SWIFT, D.J.P. (1969): Outer shelf sedimentation: processes and products. - In: The New Concepts of Continental Margin Sedimentation (Ed. by D.J. STANLEY), pp. DS-5-1-DS-5-26. Lecture notes for A.G.I. short course, 7-9 Nov. 1969. American Geological Institute, Washington.

TANNER, W.F. (1967): Ripple mark indices and their uses. - Sedimentology, 9, 89-104.

THALER, L. (1965): Une échelle de zones biochronologiques pour les Mammifères du Tertiaire d'Europe. - C.R. Soc. géol. France, Paris, fasc. 4, 118.

- (1966): Les rongeurs fossiles du Bas-Languedoc dans leurs rapports avec l'histoire des faunes et la stratigraphie du Tertiaire d'Europe. - Mém. Mus. nation. Hist. nat., Paris, n.s., série C, 17, 295.

THENIUS, E. (1959): Tertiär II. Teil Wirbeltierfaunen. - Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

THOMPSON, W.O. (1937): Original structures of beaches, bars and dunes. - Bull. Geol. Soc. Am. 48, 723-752.

TOBIEN, H. (1968): Ein Katalog der tertiären Säuger-Fundorte in der Schweiz. Paläont. Zeit., Stuttgart, 42, 127-129.

- (1968): Typen und Genese tertiärer Säugerlagerstätten. - Eclog. geol. Helv. 61/2, 549-575.

TRUEMPY, R. & BERSIER, A. (1954): Les éléments des conglomérats oligocenes du Mont Pélerin. - Eclogae geol. Helv. 47/1, 119-166.

TRUEMPY, R. (1965): Zur geosynklinalen Vorgeschichte der Schweizer Alpen. Umsch. 1965/18.

- (1962): Mesoz. Untergrund und ältere Molasse im schweiz. und oberschwäbischen Molassebecken. - Sonderdruck.

VERNET, J.-P. (1956): Les minéraux argileux des sédiments oligomiocènes du bassin molassique suisse. - C.R. Scéan. Acad. Sciences, Paris, 243, 1129-1131.

VISHER, G.S. (1965): Fluvial processes as interpreted from ancient and recent fluvial deposits. - SEPM, spec. publ. 12, 116-132.

- (1972): Physical characteristics of fluvial deposits. - Soc. Econom. Pal. Min., spec. publ. 16, 84-97.

VOLLMAYR, Th. (1966): Oberoligozäne Gliridae (Rodentia, Mammalia) aus der süddeutschen Faltenmolasse. - Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol, 6, 65-107.

WEILER, W. (1963): Die Fischfauna des Tertiärs im oberrheinischen Graben, des Mainzer Beckens, des unteren Maintales und der Wetterau unter besonderer Berücksichtigung des Untermiozäns. - Abh. senckenb. natf. Ges. 504.

WIESENEDER, H. (1953): Ueber die Veränderungen des Schwermineralbestandes der Sedimente. - Erdöl u. Kohle 6.

WIESENEDER, H. & MAURER, I. (1958): Ursache der räumlichen und zeitlichen Aenderung des Mineralbestandes der Sedimente des Wiener Beckens. - Eclogae geol. Helv.51/3.

WITT, W. (1967): Ostracoden der bayerischen Molasse. - Geol. Bavarica, 57.

WRIGHT, L.D. & COLEMAN, J.M. (1974): Mississippi River month processes: effluent dynamics and morphologic development. - J. Geol., 82, 751-778.

ZOEBELEIN, H. K. (1953): Zur Altersdeutung der Cyrenenschichten in der Subalpinen Molasse Oberbayerns. - Geol. Bavarica 17.

- (1955): Die Makrofossilien des Tertiärs aus der Bohrung Scherstetten 1 (nebst einigen Bemerkungen zur Fazies, Stratigraphie und Paläogeographie). Geol. Bavarica 24.

ZOEBELEIN, H.K. (1957): Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. - Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 23, 5-91

- (1960): Ueber die chattische und aquitanische Stufe und die Grenze Oligozän-Miozän in Westeuropa. - Mitt. geol. Ges. Wien 52.

- (1963): Zur Biostratigraphie der gefalteten Molasse (Chattien/Aquitanien) im Süden des Oberen Zürichsees. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u.-Ing. 29/77.

- (1963): Zur Altersdeutung der Cyrenenschichten in der Subalpinen Molasse Oberbayerns. - Geol. Bavarica 17.

Nachtrag

FAHLBUSCH, V. (1968): Neue Eomyidae (Rodentia, Mammalia) aus einer aquitanen Spaltenfüllung von Weissenburg in Bayern. - Mitt. Bayer. Staats. Paläont. hist. geol., 8, 2/9 - 245.

STINTON, C.F. & FREI, H.P. (1979): Fish-Otoliths from the upper part of mid-oligocene freshwater molasse, Eastern Switzerland. - Eclogae 72/3, 851-857.

VERZEICHNIS DER GEOLOGISCHEN KARTEN

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200'000, Blatt 3, Zürich-Glarus, 1950 Schweiz. Geol. Komm.

Geologische Karte der Schweiz 1:100'000, Blatt IX, Schwyz-Glarus-Appenzell-Sargans,1875 Schweiz. Geol. Komm.

HABICHT, K. (1945): Tektonisch-geologische Karte der südl. st.gallisch-appenzellischen Molasse, 1:50'000. - In: Beitr. z. geol. Karte Schweiz, N.F.Lf.83, 1945.

HANTKE,R. et al. (1967): Geologische Karte des Kts.Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50'000 (2Bl.). - Vjschr. natf. Ges. Zürich 112/2.

LUDWIG, A., SAXER, F., EUGSTER, H., FROEHLICHER, H.A., MEESMANN, P. (1949): Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000 Atlasblatt 23, St. Gallen-Appenzell. - Geol. Komm.

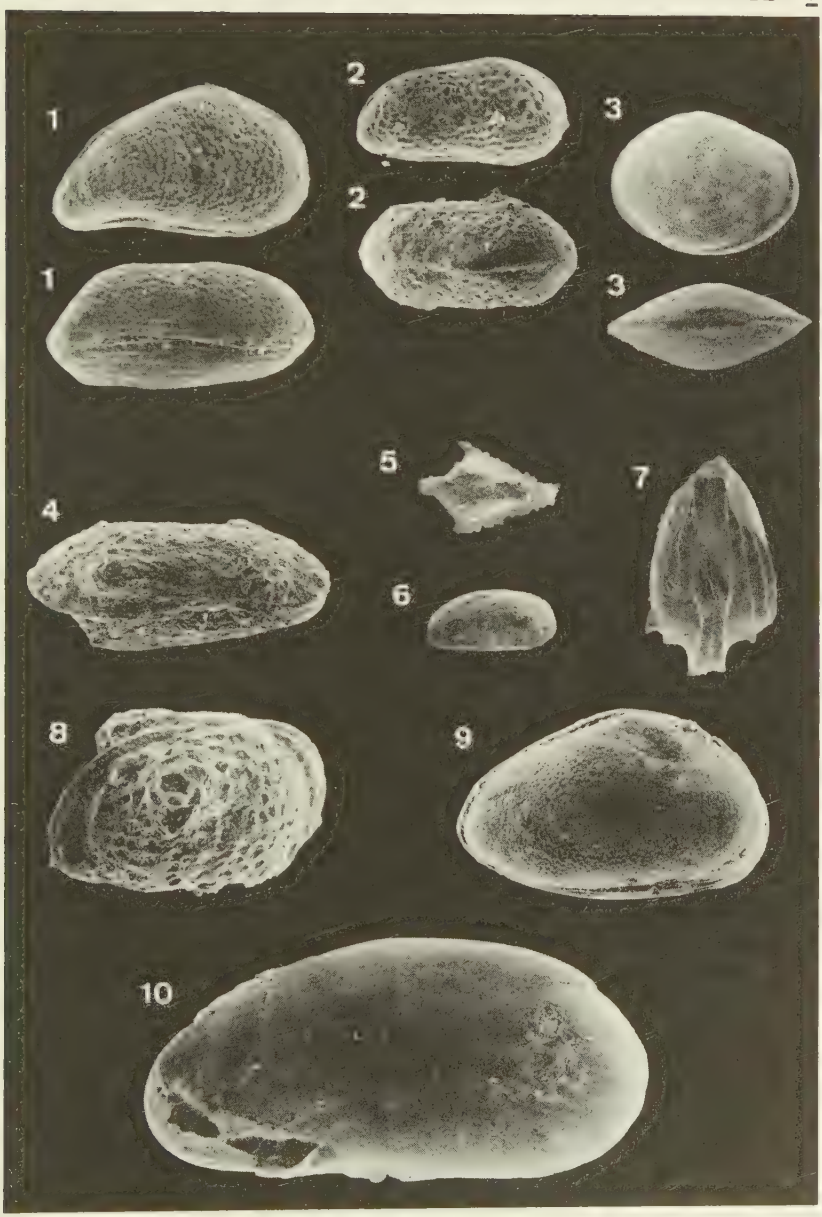
OCHSNER, A. (1969): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Atlasblatt 53, Linthebene.-Schweiz. geol. Komm.

TAFEL I

Abb. 1	*Cytheridea ventricosa* GOERLICH 1953
Abb. 2	*Eucytheridea reticulata* GOERLICH 1953 ?
Abb. 3	*Loxoconcha aff. punctatella* REUSS 1850
Abb. 4	*Murrayina ? cf. lyrata*
Abb. 5	*Pterigocythereis ceratoptera* BOSQUET 1852
Abb. 6	*Krythe sp.*
Abb. 7	*Bosquetina sp.A* WITT 1967
Abb. 8	*Loxoconcha aff. delemontensis* OERTLI 1956
Abb. 9	*Schuleridea aff. perforata* ROEMER 1838
Abb. 10	*Herpetocypris sp.*

Vergrösserung: 50 x

TAFEL I



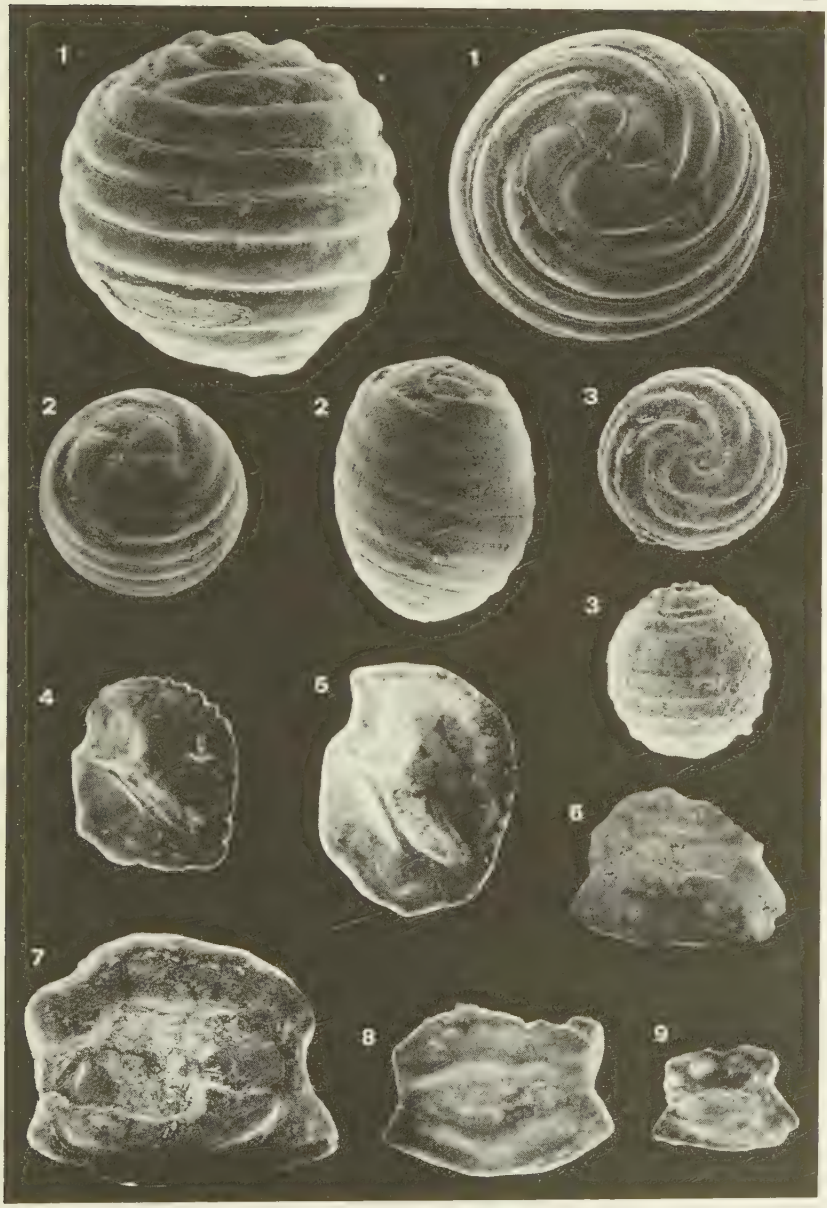
TAFEL II

FUNDSTELLE STEINBRUCH SCHMITT / EBNAT-KAPPEL
Ebnater Schichten

Abb.	1	*Nitellopsis (Tectochara) meriani* L.& N. GRAMBAST GRAMBAST & SOULIE-MAAERSCHE ssp. *globula* MAEDLER
Abb.	2	*Stephanochara ungeri* FEIST-CASTEL
Abb.	3	*Sphaerochara aff. ulmensis* (STRAUB) GRAMBAST
Abb.	4	*Dapalis rectangularis sp. nov.* STINTON & FREI (Holotyp)
Abb.	5	*Dapalis rectangularis sp. nov.*
Abb.	6	*Gobius irregularis sp. nov.* STINTON & FREI (Holotyp)
Abb.	7-9	*Gobius sectus* STINTON & KISSLING

Vergrösserungen:	CHARACEEN	Abb. 1 - 3	50 x
	OTOLITHEN	Abb. 4 - 9	28 x

TAFEL II



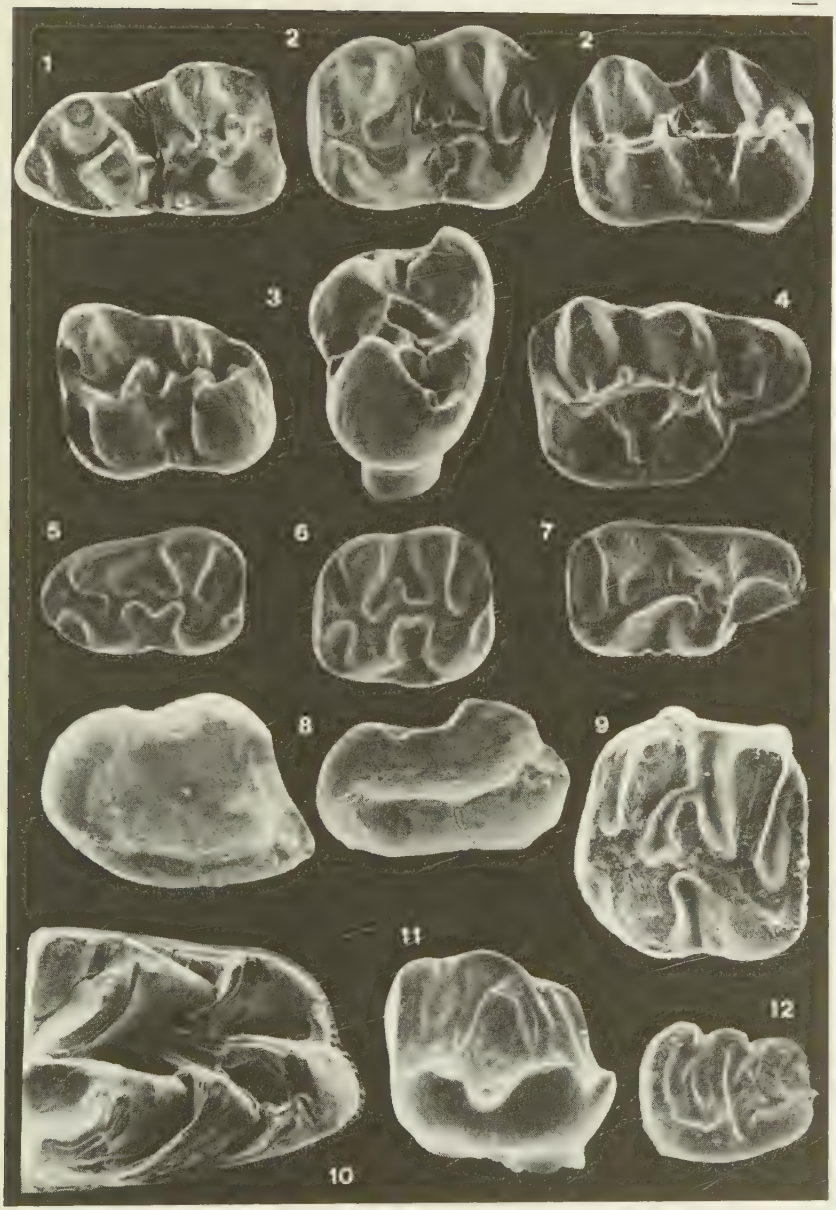
TAFEL III

FUNDSTELLE STEINBRUCH SCHMITT / EBNAT-KAPPEL

Ebnater Schichten

Abb. 1	*Eucricetodon quercyi* VIANEY-LIAUD M_1 sin. (1.98x1.29),	V	18 x
Abb. 2a,b	*Eucricetodon quercyi* VIANEY-LIAUD M_2 sin. (1.80x1.43),	V	18 x
Abb. 3a,b	*Eucricetodon quercyi* VIANEY-LIAUD M_3 sin. (1.69x1.41),	V	18 x
Abb. 4	*Eucricetodon quercyi* VIANEY-LIAUD M^1 dext. (2.19x1.58)	V	18 x
Abb. 5	*Adelomyarion sp.* M_1 sin. (1.54x1.02)	V	18 x
Abb. 6	*Adelomyarion sp.* M_2 sin. (1.43x1.20)	V	18 x
Abb. 7	*Adelomyarion sp.* M^1 dext. (1.72x1.15)	V	18 x
Abb. 8a,b	*Heteroxerus costatus* FREUDENBERG M_3 sin.	V	28 x
Abb. 9	*Eomys zitteli* SCHLOSSER M^1 sin.	V	28 x
Abb. 10	*Caenotherium sp.*	V	7 x
Abb. 11	*Gliravus bruijni* HUGUENEY	V	28 x
Abb. 12	*Peridyromys murinus* POMEL M_1 sin.	V	28 x

TAFEL III



TAFEL IV

FUNDSTELLE STEINBRUCH SCHMITT / EBNAT-KAPPEL

Ebnater Schichten

Abb. 1 *Eomys major* FREUDENBERG
rechter Oberkiefer P^4 - M^2 V 14 x

Abb. 2 *Eomys major* FREUDENBERG
linker Oberkiefer D^4 (P^4) M^{1-2} sin., V 14 x

M^1 : 1.31x1.61
M^2 : 1.19x1.60

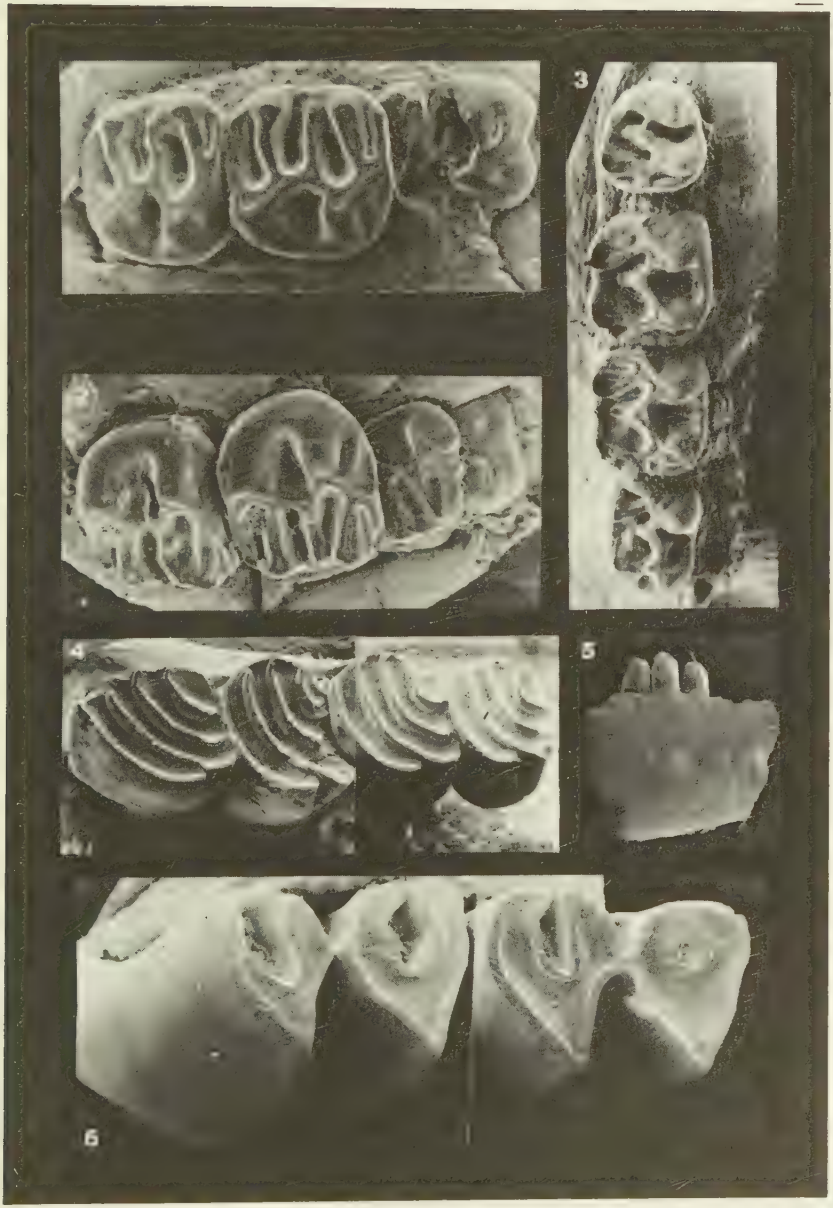
Abb. 3 *Eomys major* FREUDENBERG
linke Mandibel mit P_4 - M_3, V 14 x

Abb. 4 *Archaeomys intermedius* VIANEY-LIAUD
linkes Maxillare V 7 x

Abb. 5 *Ophisaurus sp.* V 28 x

Abb. 6 *Issiodoromys quercyi* SCHLOSSER
M_{1-2} dext. V 14 x

TAFEL IV



TAFEL V

FUNDSTELLE WINTERSBERG/TREMPEL, Wintersberg-Schichten

Abb. 1	*Rhodanomys schlosseri transiens*		HUGUENEY
	M_{1-2} dext.	(1.15x1.14)	V 28 x
Abb. 2	*Rhodanomys schlosseri transiens*		HUGUENEY
	P^4 dext.	(1.12x1.23)	V 28 x
Abb. 3	*Rhodanomys schlosseri transiens*		HUGUENEY
	M_{1-2} sin.	(1.22x1.20)	V 28 x
Abb. 4	*Rhodanomys schlosseri transiens*		HUGUENEY
	M^3 dext.		V 28 x
Abb. 5a,b	*Eucricetodon cf. collatus* oder *cf. quercyi*		
	M_1 dext.	(1.80x1.30)	V 21 x
Abb. 6	*Adelomyarion vireti*		HUGUENEY
	M^1 sin.	(1.51x1.06)	V 28 x
Abb. 7	*Gliridae indet.*		
	M_3 sin.	(1.24x1.22)	V 28 x

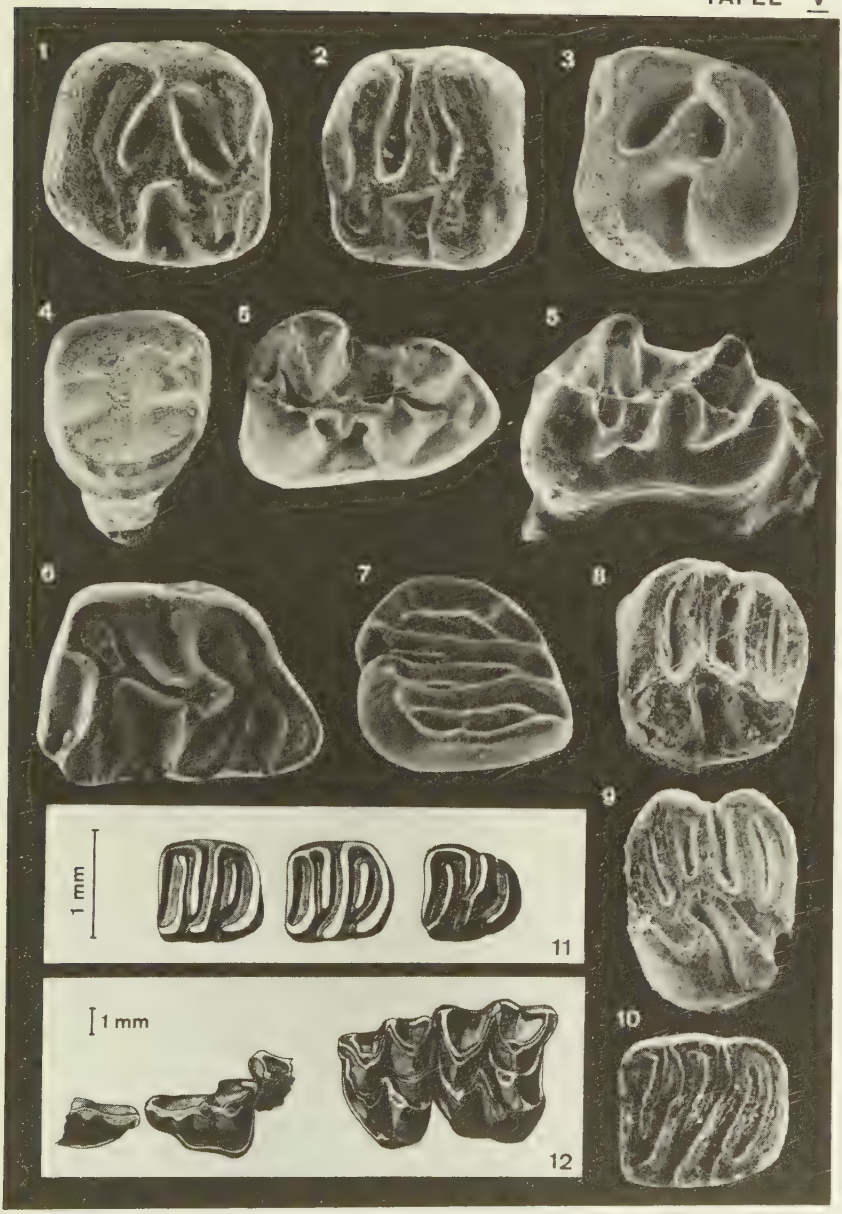
FUNDSTELLE DORFBACH WATTWIL, Granitischer Sandstein

Abb. 8	*Pseudotheridomys - Ligerimys*-Uebergangsform		
	P^4 sin.	(1.05x1.14)	V 28 x
Abb. 9	*Pseudotheridomys - Ligerimys*-Uebergangsform		
	M^{1-2} sin.	(0.95x1.23)	V 28 x
Abb. 10	*Glirudinus cf. modestus*		DEHM
	M_{1-2} sin.	(0.92x0.84)	V 28 x

FUNDSTELLE KRUMMENAU, Krummenauer Schichten

Abb. 11	*Peridyromys murinus*	POMEL
Abb. 12	*Caenotherium sp.*	
	linke Oberkieferfragmente P^{2-4}, M^1,M^2	

TAFEL V



CURRICULUM VITAE

Am 27. April 1948 wurde ich, HANS-PETER FREI, Bürger von Kappel, Ebnat-Kappel/SG, in Wattwil geboren. Auf den Besuch der Primar- und Sekundarschule in Ebnat-Kappel folgte im Frühjahr 1964 der Eintritt in das Kantonale Lehrerseminar in Rorschach, wo ich 1968 das Primarlehrerpatent des Kts. St. Gallen erwarb. Anschliessend unterrichtete ich 3½ Jahre als Abschlussklassenlehrer in Wildhaus und Rorschach. Im Herbst 1971 immatrikulierte ich mich an der philosophischen Fakultät II der Universität Zürich und begann das Studium der Geologie.

Im Mai 1976 erwarb ich das Diplom als Geologe. Als Doktorand belegte ich bis März 1977 eine Halbassistenz am Paläontologischen Institut der Universität Zürich bei Prof. Dr. H. Rieber, danach bis April 1979 am Geolog. Institut der ETH bei Prof. Dr. R. Hantke, unter dessen Leitung diese Dissertation entstand.

An beiden Hochschulen (ETHZ und Universität Zürich) besuchte ich Vorlesungen und Uebungen der folgenden Herren Dozenten:

Prof.Dr.R.Bachofen, Prof.Dr.E.Batschelet, Prof.Dr.G.Bayer, Prof.Dr.H.Bolli, Dr.U.P.Büchi, Prof.Dr.H.Burla, Prof.Dr.P.S. Chen, Prof.Dr.C.D.K.Cook, Prof.Dr.E.Dal Vesco, PD Dr.V.Dietrich, PD Dr.E.Escher, Prof.Dr.H.Eugster, Prof.Dr.B.W.Evens, Dr.H.P. Funk, Prof.Dr.A.Gansser, Dr.P.van Gijzel, Dr.F.W.Gilléron, Prof.Dr.M.Grünenfelder, Prof.Dr.R.Hantke, Prof.Dr.H.R.Hohl, Prof.Dr.K.Hsü, Dr.K.A.Hünermann, Prof.Dr.H.Jäckli, Prof.Dr.E.Kuhn-Schnyder, Prof.Dr.H.Kummer, Prof.Dr.H.Labhart, Prof.Dr.H.J. Lang, Prof.Dr.P.Läuchli, Prof.Dr.F.Laves, Prof.Dr.W.M.Meier, Dr.A.G.Milnes, Prof.Dr.F.Müller, PD Dr.M.Müller-Vonmoos, Prof. Dr. St.Müller, Dr.H.U.Nissen, Prof.Dr.R.Nöthiger, Dr.W.Oberholzer, Prof.Dr.H.R.Oswald, Dr.N.Pavoni, Prof.Dr.W.Philipsborn, Prof. Dr.D.Rast, Prof.Dr.H.Rieber, PD Dr.L.Rybach, Prof.Dr.O.Rohweder, Dr.S.Schlanke, PD Dr.R.Schmid, Prof.Dr.P.Signer, Prof.Dr.H.R. Steiger, Prof.Dr.P.Tardent, Prof. Dr.V.Trommsdorff, Prof.Dr.R. Trümpy, A.Uhr, Prof.Dr.H.Wanner, Prof.Dr.R.Wehner, Prof.Dr.H. Werner, Prof.Dr.V.Ziswiler.